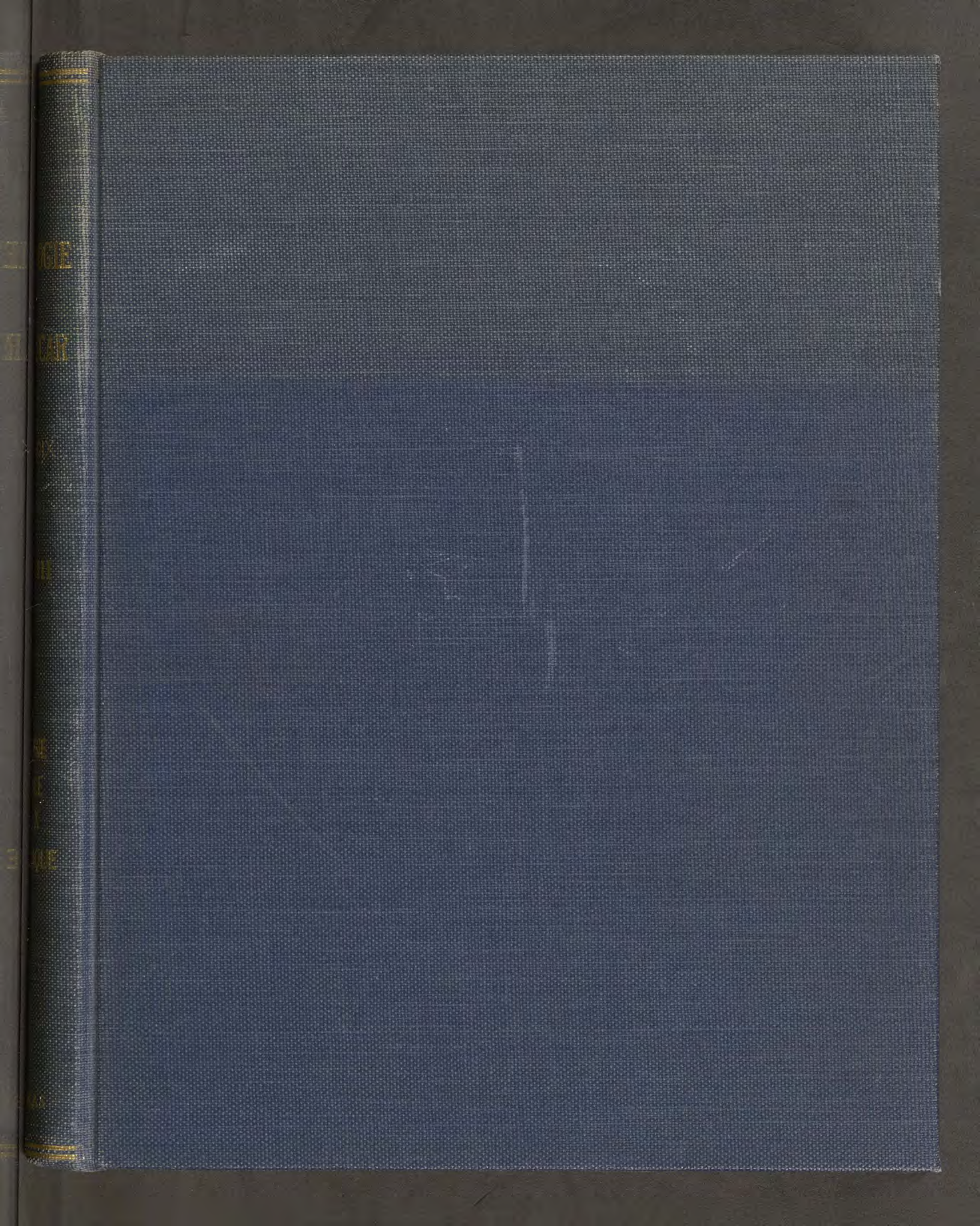
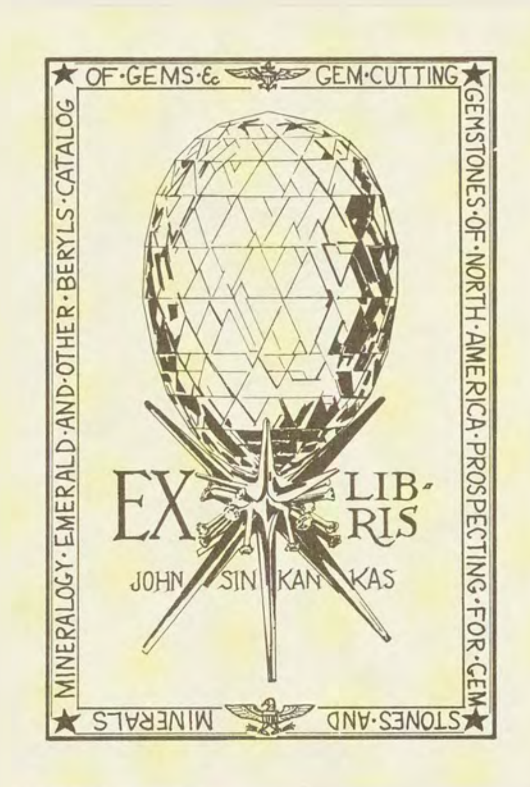



OF·GEMS·&c GEM·CUTTING
GEMSTONES·OF·NORTH·AMERICA·PROSPECTING·FOR·GEM
STONES·AND MINERALS
MINERALOGY·EMERALD·AND·OTHER·BERYLS·CATALOG
EX LIB-RIS
JOHN SIN KAN KAS

A. LACROIX

SECRÉTAIRE PERPÉTUEL DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES
PROFESSEUR AU MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

MINÉRALOGIE
DE
MADAGASCAR

TOME III

LITHOLOGIE

APPENDICE — INDEX GÉOGRAPHIQUES

Ce volume contient 28 figures dans le texte, 8 planches et une carte géologique en couleurs hors texte.

PARIS
SOCIÉTÉ D'ÉDITIONS
GÉOGRAPHIQUES, MARITIMES ET COLONIALES
Ancienne maison CHALLAMEL fondée en 1839
17, rue Jacob (VIe)

—

1923

MINÉRALOGIE

DE

MADAGASCAR

A. LACROIX

SECRÉTAIRE PERPÉTUEL DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES
PROFESSEUR AU MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

MINÉRALOGIE DE MADAGASCAR

TOME III

LITHOLOGIE

APPENDICE — INDEX GÉOGRAPHIQUE

Ce volume contient 28 figures dans le texte, 8 planches et une carte géologique en couleurs hors texte.

PARIS
SOCIÉTÉ D'ÉDITIONS
GÉOGRAPHIQUES, MARITIMES ET COLONIALES
Ancienne maison CHALLAMEL fondée en 1839
17, RUE JACOB (VIe)

—

1923

AVANT-PROPOS

Ce troisième et dernier volume est essentiellement de nature lithologique, mais il comprend aussi un Appendice aux deux précédents volumes et de copieux Index géographiques.

La troisième Division de la quatrième Partie par quoi débute ce Tome III est consacrée aux *Roches volcaniques post-liasiques,* provenant de centres indépendants ou accompagnant les roches intrusives décrites à la fin du Tome II. Ces laves sont fort variées de composition minéralogique et chimique et correspondent à peu près à tous les groupes connus, à l'exception des roches leucitiques, mais leur importance à Madagascar est fort inégale. Les types que j'ai appelés sakalavite, tahitite, ordanchite, ankaramite, océanite, fasinite doléritique, ankaratrite méritent une mention spéciale.

La quatrième Division concerne les *Roches sédimentaires*. Bien que mes études m'aient conduit à concentrer mon exploration et plus tard mes efforts sur le Massif central de l'Ile et sur les roches volcaniques de la région sédimentaire, je ne pouvais passer sous silence les sédiments eux-mêmes, mais je me suis contenté de donner une brève caractéristique des types lithologiques que j'ai rencontrés parmi eux. Dans la plupart de ceux-ci il existe des débris clastiques de minéraux, ce qui s'explique par la proximité ou tout au moins par l'éloignement relativement peu considérable du rivage constitué par le Massif cristallin à partir du Permien et cette même particularité fait comprendre la raison de l'abondance des fragments feldspathiques dans un grand nombre de roches gréseuses.

L'importance des *Altérations superficielles* subies par les roches des pays tropicaux, le rôle joué dans la constitution de Madagascar par la *Terre rouge* et d'autre part l'intérêt de faire connaître cette formation aux géologues français qui, d'ordinaire, sont peu familiarisés avec elle m'ont conduit à traiter cette question dans la cinquième Division d'une façon plus générale que celle employée pour les autres portions de cet ouvrage. Je me suis appuyé pour cela non seulement sur mes observations dans la Grande Ile, mais encore sur celles que je suis allé faire dans ce but en Afrique occidentale, dans la Guinée et le Soudan. Je pense avoir démontré clairement que si Madagascar doit être considéré désormais comme un pays classique pour l'étude des véritables *latérites gibbsitiques*, blanches, pauvres en fer, formées aux dépens des granites, des pegmatites et des gneiss, sa *Terre rouge* n'est pas une véritable latérite, mais une *argile latéritique*, essentiellement constituée par un silicate d'alumine hydraté, mélangé à des quantités variables d'hydrates d'alumine et de fer, qui ne sont que localement assez abondants pour constituer de véritables *latérites bauxitiques*.

A côté de ces phénomènes caractérisés par l'élimination progressive de la silice, j'en ai reconnu d'autres constituant une véritable *silicification* qui n'existe pas dans beaucoup de pays tropicaux, la Guinée par exemple.

Dans tous les chapitres précédents, les roches ont été considérées en soi ; je m'y suis attaché à préciser leur composition minéralogique et chimique, indépendamment de *leurs relations mutuelles*.

La sixième Division de ce Livre a pour objet ce dernier point de vue. Les conditions dans lesquelles a été constituée ma documentation ne permettent pas, à cet égard, une précision comparable à celle de mes recherches analytiques. Certaines des conclusions exposées n'ont peut-être qu'un caractère provisoire. Il m'a cependant paru indispensable de ne pas me laisser arrêter par la crainte du risque d'être rectifié plus tard, puisqu'il s'agit surtout aujourd'hui de mettre en train les recherches à venir. C'est une des raisons pourquoi j'ai été très sobre en fait de considérations théoriques, cherchant surtout à grouper les observations et à donner la représentation de nos connaissances actuelles sur la constitution minéralogique et chimique des divers centres éruptifs de l'île.

En ce qui concerne cette constitution, je puis montrer qu'un certain nombre

de centres ont un caractère moyen *alcalin* très net, mais avec association de types *calco-alcalins* à d'autres, *alcalins*. On trouve là un nouvel argument en faveur d'une opinion que j'ai défendue ailleurs et qui n'est pas favorable à la théorie d'un type atlantique et d'un type pacifique de province lithologique. A côté de ces centres à caractère moyen alcalin, s'en trouvent d'autres, essentiellement calco-alcalins. J'ai cherché à préciser la situation dans l'espace des uns et des autres.

Je compte d'ailleurs poursuivre l'étude de cette question et en reprendre la discussion d'une façon approfondie, si, comme je l'espère, les circonstances me permettent de donner ultérieurement une suite à cet ouvrage.

L'étude des roches volcaniques de Madagascar m'a conduit à celle des îles voisines, c'est-à-dire des *Mascareignes*, et aussi des îles plus éloignées qui sont perdues dans le Sud de l'Océan Indien : *Marion, Crozet, Saint-Paul, Amsterdam. Kerguelen, Heard.*

J'ai abordé ensuite la revue des laves du *continent africain* dans la région des Grands Lacs, où l'action volcanique a construit d'énormes massifs de laves, en relation avec ces extraordinaires accidents tectoniques (Great Rift Valleys) qui se prolongent, avec une direction moyenne méridienne, de la Colonie du Cap au Liban. J'ai suivi ces laves depuis les Grands Lacs jusqu'en Abyssinie, en Égypte et dans les régions voisines, m'efforçant de chercher des analogies — qui sont souvent frappantes — avec les roches malgaches. Ces analogies sont à la fois minéralogiques, chimiques et géologiques. Il semble que dans toute cette vaste partie du monde, à Madagascar aussi bien que sur le continent africain voisin, l'action éruptive ait débuté au Crétacé supérieur, lors de l'effondrement de l'Océan Indien, et suivi une marche inégale, mais comparable dans ses grandes lignes, et et avec des particularités spéciales à chaque région.

J'ai terminé cet exposé comparatif par l'examen de deux régions fort éloignées, mais dont les roches doivent être mises en regard de celles de Madagascar et que j'ai particulièrement étudiées depuis longtemps, je veux dire Tahiti et Montréal au Canada.

Dans ces chapitres de comparaison, j'ai surtout insisté sur la constitution chimique des roches, et pour cela, j'ai réuni toutes les données analytiques publiées antérieurement en y ajoutant de nombreuses analyses nouvelles, effectuées sur mes échantillons par M. Raoult.

Les roches étudiées provenant de pays autres que Madagascar et dont un grand nombre sont nouveaux ont été recueillies soit par moi-même soit par plusieurs de mes élèves dont j'ai plaisir à rappeler ici les noms : MM. Arsandaux, Barthoux, Delhaye, Lamare et aussi par d'autres voyageurs dont les collections ont été données à mon laboratoire : MM. Alluaud, Bossière, Rallier du Baty, Ch. Vélain. J'ai reçu en outre communication d'intéressants échantillons provenant des récoltes du professeur J.-W. Gregory et du colonel Henry, de l'armée belge. Enfin, mes collègues MM. G.-T. Prior et W. Campbell Smith, du British Museum, MM. J. Cornet et de Dorlodot, du Musée de Tervueren, ont bien voulu compléter ma documentation, à l'aide des collections confiées à leurs soins. Je tiens à remercier les uns et les autres.

Pendant les deux ans qu'a duré l'impression de cet ouvrage, j'ai continué à étudier les matériaux me parvenant de mes nombreux correspondants de Madagascar. Les résultats qui n'ont pu prendre place dans les volumes précédents, sont brièvement décrits dans un *Appendice*.

Enfin, une large place a été donnée à des *Index géographiques*. En ce qui concerne les noms de lieux malgaches, je me suis astreint à rattacher chacun d'entre eux à une position figurant sur la carte au 1/500 000e de la Colonie. La rédaction puis la vérification de cet index ont été très longues et fort pénibles ; je ne veux pas oublier la patience et le dévoûment avec lesquels M. Dandouau a bien voulu m'aider.

Pour la *Carte géologique* placée hors texte, j'ai fait un large usage des informations que je dois à M. Perrier de la Bathie. Je n'ai indiqué que ceux des centres volcaniques sur la position desquels j'ai des indications suffisamment précises : sauf pour les Massifs d'Ambre, de l'Ankaratra, de l'Itasy et de l'Androy, les contours de ces régions volcaniques ne doivent être considérés que comme une indication, aucune observation de détail n'en permettant actuellement un figuré exact.

A. Lx.

MINÉRALOGIE DE MADAGASCAR

QUATRIÈME PARTIE
LITHOLOGIE

TROISIÈME DIVISION
ROCHES VOLCANIQUES POST-LIASIQUES

Les centres volcaniques sont fort nombreux à Madagascar. Leur distribution a été exposée dans le tome I (pages 77 à 148) auquel je renvoie pour la situation géographique des gisements qui vont être cités plus loin. Les éruptions se sont poursuivies depuis le milieu du Crétacé jusqu'à la période actuelle. Seul le volcan Karthala, à la Grande Comore, est encore actif.

Dans la présente Division, je me propose de considérer les laves aux seuls points de vue minéralogique et chimique. Dans un chapitre spécial[1], je chercherai à les grouper dans chaque centre éruptif, afin de dégager les caractéristiques magmatiques de ceux-ci.

Ces roches volcaniques vont être classées de façon à mettre en évidence leur correspondance avec les familles de roches grenues de même composition chimique.

1. On trouvera dans ce chapitre spécial des analyses nouvelles qui n'ont pu être données dans les divers chapitres de la présente division.

CHAPITRE PREMIER

ROCHES QUARTZIQUES

I. — RHYOLITES.

On a vu à la page 601 du Tome II, que dans plusieurs centres éruptifs de l'île, se trouvent des microgranites ; il est possible que certains d'entre eux constituent des dômes superficiels plutôt que des intrusions ; faute d'observations géologiques précises, je n'ai pu chercher à séparer les deux cas l'un de l'autre. Je n'ai donc à m'occuper ici que des *rhyolites* épanchées. Ces roches ont la même composition chimique que les granites et les microgranites ; elles sont donc *quartziques*, mais très fréquemment, le quartz n'y est pas exprimé ; dans ce cas, je les désigne sous le nom de *rhyolitoïdes*. Les rhyolites et les rhyolitoïdes existent en petite quantité dans plusieurs des centres volcaniques de l'île, elles jouent un rôle capital dans l'un d'entre eux, celui de l'Androy, et un rôle important dans ceux du Menabe et de la région de Vohémar. J'ai décrit antérieurement les principales de ces roches [140].

A. — *Rhyolites alcalines.*

a. — Rhyolites à biotite et à pyroxène.

α. Rhyolites holocristallines. — Un type rhyolitique, à grain fin, établit le passage aux microgranites. Dans l'île Sakatia, il constitue une roche blanche, à aspect saccharoïde : elle ne renferme que fort peu de petits phénocristaux d'orthose, de zircon et de biotite, distribués au milieu de lamelles d'orthose et de petits grains de quartz (*analyse* 297). Cette roche ressemble beaucoup, par sa structure, aux bostonites quartziques de Lokobe (page 601 du tome II).

La même roche se trouve dans la haute vallée de la Beandry (avec quelques paillettes de muscovite secondaire, d'où la teneur en eau et en alumine libre de

l'*analyse* **295**) ; à l'Est d'Ampoza (Menabe) (filons) (*analyse* **294**). On peut en rapprocher des rhyolites de Marobiky, entre le Masianaka et le Manambondro : du pic d'Antsedoha (Menabe), mais dans ces divers gisements, le quartz poecilitique de la pâte est secondaire.

Près du poste de Tsivory, il existe une variété de rhyolite dans laquelle les phénocristaux d'anorthose sont accompagnés de cristaux nets de quartz ; ils sont enveloppés par des sphérolites à allongement négatif et par des microlites d'orthose, moulés par du quartz ; à signaler encore quelques paillettes poecilitiques d'un mica jaune d'or. Ce type se rencontre aussi au Sud d'Amboasary (facules d'albite dans l'orthose) ; entre Amboasary et Betrandaka, à la base de l'Ivohitsombe ; dans la haute vallée de la Beandry ; au Sud du Fonjay (dyke) ; à l'Est d'Ambalarano ; sur la rive droite du Ranobe, à l'Est d'Ampoza ; à 4 kilomètres Ouest de Morafenobe (dykes) ; près du Manambao, etc.

β. *Rhyolitoïdes.* — Des types de rhyolitoïdes porphyriques se trouvent dans le massif d'Antsatrotro (Antsahakolany) ; au milieu d'une pâte noire ou blanche, compacte, à texture fluidale, jalonnée par des ponctuations de magnétite, abondent des phénocristaux d'orthose, de microperthite d'orthose et d'albite, d'un blanc laiteux, ayant quelques millimètres de longueur. Çà et là, existent quelques sphérolites feldspathiques à allongement négatif; les types à pâte blanche sont généralement riches en quartz globulaire (*analyse* **298**).

Le flanc nord du mont Ambondro, au-dessus d'Ampanompia (versant Sambirano) renferme des rhyolitoïdes à orthose et biotite, les unes blanches, à pâte compacte (beaucoup de verre, quelques lithophyses bordées de cristaux d'orthose), les autres, d'un brun rouge, renfermant les mêmes phénocristaux, mais enveloppés dans de larges sphérolites à allongement positif que colorent des ponctuations ferrugineuses. Ces roches passent aux trachytes quartzifères dont une analyse est donnée page 24 (*analyse* **316**).

Un type plus fréquent encore que tous les précédents est celui dans lequel il n'existe que peu ou pas de phénocristaux. La roche, réduite à une pâte compacte, se débite quelquefois en plaquettes, ou bien présente un rubanement ou des plissements, témoins de la grande viscosité du magma au moment de son épanchement. Elle est grise, rouge, violacée, avec souvent des colorations différentes dans des lits successifs. Au microscope, la roche ne montre parfois que quelques sphérolites ou cristallites feldspathiques ou bien des éponges de quartz globulaire. Dans d'autres cas, ces rhyolitoïdes sont uniquement constituées par des sphérolites feldspathiques.

Ces diverses variétés prédominent dans l'Androy (coulées) [Ivohitsombe (certains types renferment des sphérolites feldspathiques ayant jusqu'à 2 centimètres

de diamètre ; ce sont de véritables *pyromérides*) ; près d'Antsira ; Sud de Tsivory ; Ifotaka à Vohimasy] et dans bien d'autres régions ; Sud du Besongomby (Est de Fonjay) (filons) ; Ankotrakotraka, près Betaboara ; sources de l'Andranomavo, affluent du Matitanana ; Ambohibe, près Anamoasy (Menabe) ; Antongombato, dans la plaine d'Anamakia, au Sud-Ouest de Diego-Suarez (roche blanche rubanée, à aspect crayeux) ; ravin d'Antanamitarana, de la Betaitra (roche bulleuse en blocs dans les sables sénoniens) ; blocs dans les alluvions d'Antsirabe (roche rubanée grisâtre, tachetée de rouge, avec sphérolites feldspathiques à allongement positif ; cette roche (*analyse* **300**) rappelle certaines variétés du ravin de Lusclade au Mont-Dore) (*analyse* B) ; Ampanobe (*analyse* **296**) et Amboanio, au Sud de Vohémar (type très vitreux).

γ. *Pechsteins*. — Les formes essentiellement vitreuses des roches précédentes constituent des pechsteins, à cassures perlitiques.

A signaler en particulier un type craquelé vert bouteille, en filons dans les grès liasiques au Sud d'Ampasibitika [densité 2,75 ; $n = 1,4943$ (Na)] (*analyse* **299**) ; par altération, cette roche devient jaune et prend l'aspect d'un silex résinite ; elle est alors imprégnée de quartz. Dans le même gisement, se trouvent des rhyolitoïdes feuilletées, à aspect crayeux, très sphérolitiques.

Plus au Sud, à Katsary, sur l'Andranomalaza, il existe un pechstein noir, renfermant des sphérolites feldspathiques de plusieurs centimètres de diamètre ; localement, ils sont de plus petite taille et s'agglomèrent pour former une *pyroméride* ; ces sphérolites sont quartzifiés ; le verre renferme quelques cristallites d'une amphibole sodique ; la structure fluidale est jalonnée par de la limonite. A signaler encore dans le Menabe, à Ankotrakotraka, près Betaboara, un pechstein noir, homogène, très riche en trichites ; à Bemoka, un type gris de fumée rubané et très plissé.

Enfin, à l'Est de Vohimasina, près du Faraony et sur le bord de la mer, se trouve un pechstein entièrement quartzifié dont les anciennes cassures perlitiques, imprégnées de limonite, apparaissent encore nettement au milieu du quartz secondaire ; de nombreux sphérolites, parfaitement sphériques, d'un blanc laiteux, ressemblant à des pisolites de ctypéite, peuvent être facilement détachés de cette roche. Eux aussi, ils sont entièrement transformés en quartz ; on ne rencontre que quelques cristaux intacts d'orthose.

δ. *Ponces*. — Les alluvions superficielles d'Antsirabe renferment, à l'état disséminé, de petits fragments de ponces blanches rhyolitiques, très étirées, mélangées à des débris d'origine granitique et gneissique. Les sondages effectués pour le captage de la source thermale ont fait rencontrer des lits essentiellement ponceux (notamment entre 12 et 18 mètres de profondeur). Ces ponces, contenant 75

pour 100 de silice sont constituées par du verre, ne renfermant que quelques cristaux brisés d'orthose et des enclaves quartzeuses. Des lits de cinérite blanche, rencontrés par le sondage entre 5 et 7 mètres, sont constitués par des cendres rhyolitiques, petits fragments de verre bulleux étiré, eux aussi mélangés à quelques débris granitiques. On trouvera page 204 du Tome II la description de travertins formés par la consolidation de la calcite de ce dépôt ponceux, au voisinage des trajets souterrains de l'eau minérale. Ces ponces[1] sont certainement les produits de projection du magma ayant fourni les rhyolitoïdes dont il est question plus haut ; l'origine de ces matériaux doit être cherchée dans le voisinage du Famoizankova.

ε. *Brèches et tufs rhyolitiques silicifiés.* — Les volcans de l'Androy ont, eux aussi, rejeté des ponces rhyolitiques (alcalines ou calco-alcalines), mais celles-ci, en raison de l'ancienneté relative des éruptions, ont subi des altérations profondes qui masquent leur structure originelle. C'est ainsi que j'ai examiné des brèches très dures (Amboloakoho) formées par de petits fragments de 1 centimètre au plus, qui ont l'apparence du quartz ; ils sont réunis par une pâte rougeâtre. Ce sont des fragments de ponces, identiques à celles d'Antsirabe (avec quelques phénocristaux de quartz en plus), mais entièrement transformées en grandes plages de quartz qui ont en outre rempli leurs cavités. La silhouette des formes anciennes de la ponce dessine comme une dentelle au milieu des grains de quartz ; la pâte est formée par des débris de même nature, épigénisés par du quartz finement grenu.

Des brèches d'aspect macroscopique analogue, mais souvent à grands éléments, et formées par des fragments anguleux de tous les types structuraux de rhyolites, abondent aussi dans le massif de l'Androy. Il en est qui sont à peine silicifiées et d'autres qui le sont d'une façon intense. Elles sont parfois colorées en rouge par des infiltrations ferrugineuses, plus intenses dans l'intervalle des débris que dans la masse de ceux-ci (Ifotaka, Vohimasina). Il existe aussi des brèches hétérogènes, dans lesquelles les fragments de rhyolite sont accompagnés de morceaux de labradorites. Ces deux types pétrographiques associés présentent, par altération, des couleurs différentes, vertes ou rouges (Ambia) et jaunes ou brunes par hydratation (Est Ampasimaika). Tous les échantillons que j'ai examinés sont ou bien des

1. Sur les côtes de Madagascar et des Comores se rencontrent des fragments, souvent volumineux, d'une ponce blanche qui n'est pas indigène ; c'est une ponce d'*andésite à hypersthène* provenant de l'éruption du Krakatau (26-27 août 1883). En septembre 1884, des fragments flottant à la surface de la mer, ont été observés pour la première fois à Tamatave (Sibree [168]). A la suite du cyclone du 25 février 1885, ces ponces sont arrivées en grande abondance sur toute la côte orientale [A. et G. Grandidier. *Ethnographie*, I, 9 (note 2)], puis bientôt elles ont atteint les côtes Nord, Sud et Ouest. C'est un exemple remarquable de dissémination, à énorme distance, de produits volcaniques par des courants marins : le Krakatau est, en effet, séparé de Madagascar par plus de 6000 kilomètres ; cette distance a été franchie en une année environ.

brèches ignées provenant de la surface de coulées (Ifotaka) ou bien, et plus souvent, des produits d'explosions vulcaniennes. Je n'ai vu qu'un échantillon de tuf remanié (Amboloakoho), constitué par de petits fragments de ponces quartzifiées, englobés dans un ciment gris de souris, très compact, lui-même riche en quartz.

Enfin, je signalerai de véritables cendres, formées par les mêmes matériaux, mais réduits à de petits débris de moins de 1 millimètre de diamètre ; souvent l'examen microscopique en lumière naturelle permet seul de déceler l'origine de la roche qui, en lumière polarisée, est masquée par une silicification générale (Amboloakoho).

ζ. *Composition chimique.* — Voici les analyses des rhyolites et rhyolitoïdes potassiques ; j'y joins quelques termes de comparaison.

293) *Rhyolitoïde,* Ivohitsombe, I.3.1.'2 (Boiteau) ; cette roche est remarquablement pauvre en soude ; à ce point de vue, on peut lui comparer la pyroméride du Col de San (Esterel), *a*) (Pisani, *in* Albert Michel-Lévy, *Bull. Carte géol. France,* t. XXI, n° 130, 1912, p. 40), I.3.1(2).1(2) ; *Rhyolites,* **294**, E. Ampoza, I.3'.1'.3 ; **295**) Haute vallée de la Beandry, I.3.1(2).'3 ; **296**) *Rhyolitoïde,* d'Ampanobe, I.3'.1.2(3) (Boiteau) ; les feldspaths de cette roche étant damouritisés, il est possible qu'elle soit une rhyolite calco-alcaline décalcifiée ; **297**) *Rhyolite,* île Sakatia, I.4.1(2).3 (Boiteau) ; **298**) *Rhyolitoïde,* Antsatrotro, I.4.1'.3 (Boiteau) ; A) *Pyroméride,* Calasima (Corse) (M. Raoult), I.3.1'.3 ; *b, Ponce,* du Monte Pelato (Lipari) (Washington, *Amer. J. of Sc.,* t. L. 1920, p. 449), I.4.1.3.

	293	*a*	294	295	296	297	298	A	*b*
SiO^2. . .	75,16	78,11	77,58	75,76	75,25	71,80	69,71	77,68	71,70
Al^2O^3. . .	10,50	11,50	12,51	13,16	12,25	14,03	14,68	11,46	12,60
Fe^2O^3. . .	3,19	1,60	0,62	0,22	1,45	1,04	1,09	2,25	0,48
FeO. . .	0,45	n. d.	0,42	0,87	0,50	1,06	1,48	1,11	1,17
MgO. . .	0,72	0,25	0,13	0,11	0,25	0,43	0,34	0,21	0,12
CaO. . .	0,10	0,51	0,38	0,62	0,30	0,90	1,11	0,38	0,79
Na^2O. . .	0,78	0,54	2,77	2,12	2,20	3,36	4,36	2,68	4,15
K^2O. . .	6,52	6,26	4,91	4,13	5,67	5,69	5,67	4,08	5,17
TiO^2. . .	0,30	0,08	0,13	0,06	0,82	0,29	0,47	0,06	0,11
P^2O^5. . .	0,06	»	tr.	tr.	0,12	0,26	0,08	0,04	»
H^2O +. .	1,20	1,90	0,54	2,87	0,64	1,04	0,44	0,31	3,15
—. .	1,03		0,36	0,16	0,47	0,26	0,30	0,09	0,20
	100,01	100,75	100,35	100,08	99,92	100,16	99,73	100,35	99,78[1]

Dans les analyses suivantes, la proportion de potasse et de soude se rapproche de l'égalité ; **299**) *Pechstein,* Ampasibitika (Boiteau), I.(3)4.1.3(4) ; **300**) *Rhyolitoïde,* Antsirabe, I.4.1.3(4) (M. Raoult) ; *c*) *Obsidienne,* Cerro de las Navajos (Mexique), I.(3)4.1'.3' (Baerwald, *in* Tenne. *Zeitsch. d. d. geol. Gesellsch.,*

1. Y compris Cl 0,14.

XXXVII, 1885, p. 616) ; B) *Perlite* de Lusclade, I.'4.1.3' (M. Raoult) ; ce type chimique de rhyolitoïde domine au Mont-Dore. Enfin, **301**) *Rhyolite*, mont Betrandraka, (Boiteau), 1.4.1'.4 ; c'est la seule roche dosodique de la série.

	299	300	c	B	301
SiO^2.	69,95	73,02	75,23	73,74	73,10
Al^2O^3.	11,99	12,98	12,36	12,42	13,12
Fe^2O^3.	0,76	2,58	0,96	0,90	2,65
FeO.	0,64	0,59	1,24	0,54	0,52
MgO.	0,09	tr.	0,01	0,04	0,32
CaO.	0,66	1,02	1,00	0,80	0,87
Na^2O.	3,70	4,47	4,00	3,99	5,24
K^2O.	3,80	4,75	4,62	4,70	2,33
TiO^2.	0,18	tr.	»	0,20	0,46
P^2O^5.	0,04	0,06	0,27	0,08	0,35
H^2O +.	4,98	0,59	0,73	2,25	0,47
—.	2,80	0,27		0,16	0,32
	99,59	100,33	100,42	100,14[1]	99,75

b. — Pantellérites.

J'emploie ce terme pour désigner des rhyolites (et rhyolitoïdes) alcalines, pauvres en alumine et riches en fer, propriétés qui entraînent l'abondance, au moins à l'état virtuel, de métasilicates ferro-sodiques. Au point de vue chimique, les pantellérites sont donc à comparer aux grorudites dont elles représentent la forme d'épanchement.

Je viens de trouver des pantellérites passant à des rhyolites (*comendites*)[2], ainsi qu'à la *paisanite*, parmi des roches que m'a envoyées M. Perrier de la Bathie ; elles présentent, en outre de leur intérêt minéralogique, une importance géologique, puisqu'elles modifient les conclusions formulées à la page 101 du Tome I sur la nature des épanchements volcaniques connus au Sud de la Betsiboka. Jusqu'ici en effet, il n'y avait été constaté que des coulées basaltiques. Or, à l'Ouest de Mahabo et d'Antanimasaka, près du Mont Bory, M. Perrier de la Bathie a découvert, intercalées entre les argiles d'Ankazomihaloka et les grès à Dinosauriens (dans le Turonien) de Marovoay, un poudingue riche en galets aplatis (paraissant d'origine littorale plutôt que fluviale) des roches qui nous intéressent. Il faut admettre qu'elles résultent de la démolition de coulées plus récentes que les basaltes post-cénomaniens de l'Antanimena, coulées qui ont dû être enlevées complètement par érosion avant la transgression sénonienne, car M. Perrier de la Bathie, qui connaît fort bien cette région, m'a déclaré n'avoir pu trouver en

1. Y compris Cl 0,32.
2. C'est à ce type qu'il faut rapporter la rhyolite du Haut Andraronga (Cf. Appendice).

place ces roches. Leurs fragments n'existent pas davantage dans les couches tertiaires de la région de Majunga, qui ne renferment que des galets de quartz et de quartzites provenant du Massif cristallin.

Les pantellérites dont il s'agit sont assez variées d'aspect, sinon de composition chimique. Un premier type est un peu vitreux, bleuâtre, rubané, avec quelques lithophyses blanches ou jaunes ; des phénocristaux bipyramidés de quartz et d'orthose sont distribués dans une pâte fluidale, rarement complètement vitreuse, généralement formée par des sphérolites à croix noire et à allongement négatif dont les dimensions varient suivant les lits ; de place en place, se voient des éponges de quartz globulaire, surtout abondantes dans les lits jaunâtres ; il n'existe pas de minéraux ferrugineux individualisés. D'autres échantillons ont une texture lithoïde ; le rubanement est accentué par l'existence de lithophyses dont les contours sont bordés par des fibres feldspathiques à extrémité individualisée, rappelant celle des sphérolites d'orthose du *piperno* de la Pianura, mais elles sont englobées par du quartz, souvent accompagné par de petites ponctuations d'aegyrine ; certaines des lithophyses sont à gros grain, elles renferment alors des microlites d'orthose enchevêtrés qu'englobent du quartz grenu ou de petits grains d'aegyrine associés à un peu de riebeckite.

Enfin, il faut signaler des types plus cristallins renfermant des phénocristaux ou n'en contenant pas : ce sont des roches à grain très fin, blanches, tachetées de points bleus ou verts. Ces roches, holocristallines, contiennent quelques microlites d'orthose, à formes nettes, et beaucoup de sphérolites feldspathiques à allongement négatif, souvent très étalés et renfermant entre leurs fibres des cristallites ferrugineux opaques, arborisés. Des plages de micropegmatite sont assez abondantes et plus abondants encore sont les grains de quartz et d'aegyrine moulant sphérolites et microlites. Une variété de cette roche est caractérisée par la substitution de la riebeckite à l'ægyrine. Ces pantellérites offrent la plus grande analogie minéralogique avec celles qui constituent des coulées le long de la route de Djibouti à Harrar (Abyssinie) que j'ai décrites jadis[1], et qui, plus tard, ont fait l'objet d'une étude détaillée de M. Arsandaux[2].

Des *analyses* **302** du type vitreux ('II.3.1.2) et **303** du type holocristallin (I(II).3'.1.3) donnent la composition des pantellérites de Mahabo. Comme dans tant d'autres roches à aegyrine décrites dans ce livre, on voit que la potasse l'emporte en poids sur la soude ; cette caractéristique est partagée par certaines pantellérites de l'Est africain dont voici deux analyses : *d*) type holocristallin passant à la paisanite. Ouardji (Arsandaux, *op. cit.*), I(II).3(4).1.3, tandis que dans les

1. *C. Rendus*. CXXVIII. 1899, p. 1353.
2. *Contribution à l'étude des roches alcalines de l'Est Africain*. Paris, 1906.

pantellérites de Pantelleria c'est l'inverse qui a lieu ; l'*analyse e*) est celle d'une de ces dernières provenant du M[te] San Elmo, II.3(4).1.3 (Washington. *J. of geol.*, XXXI, 1913, p. 703). Enfin, je donne, comme terme de comparaison, l'*analyse* C) (M. Raoult) d'une *obsidienne pantelléritique* verte de Fantalé (Somalis) II(III).3.1.'3 plus sodique, moins potassique et présentant le caractère pantelléritique encore plus accentué.

	302	303	*d*	*e*	C
SiO^2	74,42	73,62	73,0	70,14	69,06
Al^2O^3	9,21	8,65	9,9	8,61	6,30
Fe^2O^3	4,89	5,96	6,0	6,01	4,98
FeO	0,87	0,65	1,3	2,73	6,26
MgO	0,09	0,48	0,2	0,20	0,27
CaO	0,12	0,62	0,4	0,45	0,94
Na^2O	3,64	3,77	4,0	5,44	7,37
K^2O	5,45	4,16	4,4	4,20	3,39
TiO^2	0,18	0,46	»	0,86	0,61
P^2O^5	»	»	»	0,12	0,07
H^2O +	0,80	1,13	1,1	0,35	0,47
—	0,66	0,81		0,17	»
	100,33	100,31	100,3	99,86[1]	100,04[2]

B. — *Rhyolites à plagioclases et dellénites.*

a. — Rhyolites et dellénites normales.

Ces roches se distinguent des précédentes par l'existence d'une proportion plus ou moins grande d'anorthite virtuelle se traduisant minéralogiquement par la production de phénocristaux de plagioclases. Dans les rhyolites, l'orthose prédomine de beaucoup sur les plagioclases, dans les *dellénites* (et les *dellénitoïdes*) qui sont les équivalents volcaniques des monzonites, les deux types de feldspaths sont voisins de l'égalité (le rapport de l'orthose au plagioclase calculé est compris entre 1.6 et 0,6, alors qu'il est plus grand que 1,6 dans les rhyolites). Souvent, dans les dellénites, la plus grande partie du feldspath alcalin reste à l'état potentiel dans le verre, les laves résultantes ont alors un facies andésitique.

A Madagascar, les types rhyolitoïde et dellénitoïde sont plus fréquents que les types rhyolite et dellénite.

Dans l'Androy, ces roches sont rubanées, jaunes, brunes ou rougeâtres, ne se distinguant pas par les caractères extérieurs des rhyolites alcalines. Les phénocristaux de quartz sont assez rares, ceux de plagioclases, qui sont constants, oscillent entre l'oligoclase et l'andésine ; le zircon est un minéral accessoire fré-

1. Y compris ZrO^2 0,14 ; SO^3 0,06 ; MnO 0,38.
2. Y compris MnO 0,17 ; Cl 0,06 ; SO^3 0,47.

quent. La pâte compacte est généralement très quartzifiée et remplie d'éponges de quartz globulaire, grosses ou petites, colorées par des produits ferrugineux (Ranomainty, Analamainty). Comme exemples de variété non rubanée, riche en phénocristaux rosés de plagioclase, je signalerai les roches d'Anjandoaka et de Belinta. Il existe fréquemment des boutonnières de quartz grenu secondaire et aussi des sphérolites feldspathiques tachés par des inclusions ferrugineuses ; quand ils sont de petites dimensions, leur allongement est généralement positif, alors qu'ils sont d'ordinaire négatifs lorsqu'ils sont de grande taille. La quartzification des types sphérolitiques est tantôt totale et tantôt localisée à certains lits (Cf. page 5 pour les tufs).

Le piton situé au Nord d'Antsedoha renferme des rhyolitoïdes grises, très sphérolitiques, dont les phénocristaux sont uniquement feldspathiques.

Un grand nombre de rhyolitoïdes et de dellénitoïdes constituant des coulées et des filons dans la région pétrolifère de l'Est, sont dépourvues de phénocristaux (Ampaka et Ambalabao, à l'Ouest du mont Betandraka) ; rive gauche de l'Andranobaliha (phénocristaux d'augite en partie calcifiés) ; entre le Manangoza et le Ranobe, près Andranotakatra (pâte sphérolitique) ; entre le Kizamahalako, l'Ambohipisaka et le Fonjay (sphérolites).

Dans l'Ankaratra, au Sud de Faratsiho sur le flanc occidental de l'Ampizaraakisoa, j'ai recueilli une rhyolite à pâte violacée, renfermant des cristaux de quartz et d'orthose, de hornblende résorbée et d'apatite (*analyse* **307**) ; elle est riche en enclaves lamprophyriques.

Enfin, dans le Sud-Ouest de la montagne d'Ambre, il existe des rhyolitoïdes compactes, d'un vert clair, renfermant quelques cristaux d'andésine (entre Ampombiantambo et Bobasakoa) : l'*analyse* **304** montre qu'il s'agit là d'un terme de passage aux rhyolites alcalines. Des roches analogues, recueillies entre Befotaka et Ambatobolangola, sont d'un beau blanc, âpres au toucher et très quartzifiées ; elles renferment quelques fines paillettes de biotite.

Les rhyolites rouges, noires ou violacées de l'anse de Vohémar et d'Ampanobe, renferment des phénocristaux de plagioclases altérés en muscovite, ce qui explique leur faible teneur en chaux et peut-être aussi la haute teneur en potasse de l'*analyse* **296**.

Il me reste à signaler une roche possédant un aspect extérieur si semblable à celui de la roche (*sancyite*) qui forme les Aiguilles du Sancy, au Mont-Dore, qu'il serait difficile de distinguer des échantillons provenant de ces deux régions. Des phénocristaux vitreux de sanidine, simples ou maclés, de plusieurs centimètres, sont distribués dans une pâte grise, âpre au toucher, se résolvant au microscope en microlites d'orthose sodique, avec un peu d'augite. D'autres phénocristaux, de plus petites dimensions, sont constitués par de l'andésine, de la biotite, de l'augite, du sphène, du zircon et de la magnétite. J'ai recueilli pour la première fois

cette roche dans les alluvions d'Antsirabe ; je l'ai ensuite trouvée en place au pont de la Sahatsiho, au Nord de cette ville. Les sondages récents ont montré son abondance, à l'état de galets, dans l'épaisse couche de terrains de transport qui recouvre les gneiss. Un échantillon de la même roche se trouve dans la collection du Service des Mines à Tananarive avec la mention Ambatolampy-Ambany, dont je n'ai pu vérifier l'exactitude. La pâte de toutes ces roches est transformée en éponges de quartz globulaire qui englobent poecilitiquement les microlites ; du quartz grenu remplit toutes les cavités. Je suppose que la roche était originellement riche en verre ; ses 16 pour 100 de quartz virtuel me conduisent à la ranger parmi les rhyolites plutôt que dans les trachytes (*analyse* **309**). Comme au Mont-Dore, elle renferme de nombreuses enclaves homœogènes lamprophyriques (voir page 21).

α. *Pechsteins et perlites.* — Les rhyolites à plagioclases et les dellénites ont aussi leurs pechsteins et leurs perlites ; les uns renferment des phénocristaux de quartz et d'andésine, enveloppés dans un verre homogène, telles sont les roches des gisements suivants : 2 heures Nord du Manambao (gris verdâtre) ; gué du Manambao sur route de Tambohorano, c'est une véritable perlite rouge, tachetée de noir et de vert, se débitant par le choc en petits globules sphériques ; dans la variété rouge, la texture fluidale, très mouvementée, est soulignée par des produits ferrugineux ; ce verre est très riche en trichites (*analyse* **305**). Des roches analogues forment des filons à 4 kilomètres Ouest de Morafenobe.

D'autres pechsteins ne renferment que des phénocristaux de plagioclase (andésine) et parfois d'augite. Je citerai dans l'Androy le pechstein, d'un noir de jais, du col d'Itsanovondro [verre brun foncé homogène, de densité 2,38, N = 1,5097 (Na)] ; Ifotaka, Vohipotsy (verre brunâtre clair, avec trichites et longulites de pyroxène) ; Nord de Tsivory, sur route d'Isoanala (verre incolore, avec globulites de pyroxène, disposés autour de cristallites et de microlites fourchus d'augite à propriétés optiques distinctes, avec, çà et là, quelques sphérolites d'orthose à allongement négatif) ; région d'Amboloakoho (densité 2,37 ; N = 1,5045) [1]. Ces pechsteins perdent souvent leur aspect vitreux pour devenir pierreux ; ils sont alors riches en quartz poecilitique ou grenu, au travers duquel se distinguent encore les cassures perlitiques.

β. *Dellénitoïdes à fayalite.* — Ces roches, qui sont la forme d'épanchement des microgranites monzonitiques décrits page 602 du Tome II, constituent, elles aussi, un type spécial à Madagascar ; elles sont assez abondantes dans l'Androy ; elles sont noires, à aspect de pechstein (Ambaninato et 5 heures au Sud de

1. Si l'on compare ces données avec celles fournies par le pechstein d'Ampasibitika, on verra que la densité et l'indice de réfraction permettent d'établir des distinctions entre les verres naturels de composition différente, ainsi que je l'ai fait remarquer depuis fort longtemps.

Ranomainty, etc.). Des phénocristaux de fayalite[1] et d'augite, souvent enchevêtrés, et de labrador sont distribués dans un verre renfermant des cristallites, plutôt que des microlites, d'augite et des lamelles feldspathiques à extinctions longitudinales. Ce verre est brunâtre et homogène, mais, par places, il devient incolore, grâce à la cristallisation de très fines ponctuations de magnétite (*analyse* **308**).

A Ambia, se trouve une brèche, à ciment quartzeux, de cette même delléni-toïde ; elle contient des enclaves d'une roche grenue feldspathique, en partie fondue et recristallisée.

C. — *Dacites*.

Toutes les roches qui viennent d'être décrites sont sodipotassiques ; la potasse y domine (en poids) sur la soude ; il me reste à m'occuper de types dosodiques plus sodiques que potassiques, dans lesquels le rapport de l'orthose au plagioclase plus petit que 0,6 est celui qui caractérise les roches à plagioclases dominants. Ce sont les *dacites,* forme microlitique des granodiorites, des diorites et des gabbros quartziques : je les appelle[2] *dacitoïdes* quand le quartz n'y est pas exprimé. C'est le cas général dans toutes les roches de ce groupe que j'ai rencontrées à Madagascar.

α. Dacitoïdes oligoclasiques. — Ces roches paraissent constituer toutes les laves qui descendent du mont Vatovavy dans le bassin du Mananjary et aussi celles qui se trouvent dans le bassin de la Matitanana (mont Vohiloza). La roche moyenne est grise, compacte, avec de petits phénocristaux de feldspaths blanchâtres. Au microscope, on constate que les phénocristaux sont formés par de l'andésine, de l'augite, un pyroxène toujours altéré qui a, peut-être, été de l'hypersthène, et de la magnétite titanifère. Ils sont distribués dans une pâte peu cristalline, renfermant des sphérolites d'orthose, des cristallites d'augite et de minerais. Telle est la roche de l'Est-Sud-Est du mont Vatovavy, d'Antsenavola, du mont Vohiloza.

A Antsenavola, se trouve une variété remarquable (*analyse* **310**) essentiellement constituée par l'agglomération de petits sphérolites noirs de $0^{mm},5$, pressés les uns contre les autres et réunis par une matière feldspathique blanche. Le microscope fait apparaître des phénocristaux d'andésine, groupés à axes parallèles : les sphérolites d'orthose sodique, à fibres serrées et à allongement négatif, sont en partie troubles (ils correspondent aux parties noires) et en partie blancs : il existe entre les sphérolites un peu de quartz intersertal. Cette roche représente une forme holocristalline du type moyen. Par contre, une lave grise, un peu compacte, de

1. Pour l'explication de l'existence d'un orthosilicate dans une roche à excès de silice, voir page 39.
2. *C. Rendus*, t. CLXVIII, 1919, p. 297 ; la terminaison *oïde* est employée en considération de leur analogie *chimique* avec les dacites.

la même localité est légèrement moins acide ; elle est formée par l'enchevêtrement de grands microlites d'orthose et d'oligoclase englobant poecilitiquement des microlites d'augite et de magnétite : il existe un peu de quartz et quelques petits phénocristaux de plagioclase altéré.

Un autre type, moins riche en augite, se trouve dans le voisinage, à 500 mètres à l'Ouest d'Ambodiakatra. Une roche d'un blanc laiteux, renfermant des sphérolites grisâtres, forme une coulée à Farafasina, sur la Sahavato, affluent du Sakaleona. D'autres se rencontrent à Ambatomanana (embouchure du Masianaka) (pâte microlitique avec peu de quartz) et à l'embouchure du Manambondro (beaucoup de quartz, peu de phénocristaux de plagioclase).

β. *Dacitoïdes andésitiques*. — Je dois à Geay une série d'échantillons de dacitoïdes recueillies sur la rive droite du Mananjary, à une dizaine de kilomètres de la ville du même nom, à Morafeno ; elles sont, d'après les indications de ce voyageur, associées à une roche noire (labradorite ou basalte doléritique). Deux types se présentent, souvent réalisés dans le même bloc, et qui sont des formes de refroidissement inégalement rapide. La forme vitreuse est un pechstein vert, renfermant des phénocristaux d'andésine et d'augite, distribués dans un verre à cassure perlitique. Le type pierreux, d'un vert jaunâtre plus clair, ne diffère du pechstein que par la présence de microlites filiformes d'oligoclase et de quelques sphérolites (orthose sodique) avec, suivant les échantillons, plus ou moins de quartz secondaire. L'analyse du type vitreux est donnée en **313**.

Il faut rapporter aux dacites andésitiques (*analyse* **312**) une roche en veinules dans le gneiss, sur l'Ivohika, à la base orientale du mont Andringitra. Elle constitue un passage aux andésites augitiques. Elle a l'aspect d'un pechstein noir, très fragile, se débitant en plaquettes. Au microscope, de rares phénocristaux d'andésine apparaissent dans un verre rempli par un grillage cristallitique de magnétite, avec microlites d'augite incolores, à disposition palmée. Cette roche ne peut être interprétée que par l'analyse chimique (*analyse* **312**), (sa composition virtuelle comprend 14,22 de SiO^2 libre) ; c'est une forme de refroidissement très brusque qui possède la structure d'une scorie artificielle. Elle a été rencontrée sous le même aspect dans la Sahatana, sur le flanc occidental de la même montagne.

γ. *Dacite à cordiérite*. — A 10 kilomètres au Sud de la rivière Manombo, à l'Est-Nord-Est de Maintirano, MM. Baron et Mouneyres ont observé autrefois un dyke d'une roche curieuse dont ils m'ont communiqué des échantillons. Elle consiste en un pechstein noir et en un type pierreux verdâtre qui constitue probablement la partie centrale du dyke. Des phénocristaux de quartz, d'hypersthène, de fayalite, de labrador et de cordiérite sont disséminés dans un verre incolore en lames minces, riche en trichites et en cristallites peu déterminables

de feldspath et de pyroxène. La fayalite forme de petits grains qui entourent les cristaux plus grands d'hypersthène; quant à la cordiérite, elle présente de belles macles en roue; elle est souvent d'une fraîcheur parfaite. Le type pierreux se distingue en ce que sa pâte est remplie d'éponges de quartz globulaire; l'hypersthène et la cordiérite présentent des phénomènes d'altération par hydratation.

Cette roche est remarquable par la présence de la cordiérite qui, on le sait, est très symptomatique de la composition chimique du magma. L'*analyse* **311** fait voir, en effet, que, comme dans toutes les roches à cordiérite, il existe un excès d'alumine, qui entraîne comme conséquence non seulement la production de la cordiérite, mais encore la présence de l'hypersthène comme pyroxène. Le feldspath virtuel de cette roche comprend 32 pour 100 d'anorthite, alors que le feldspath exprimé est du labrador ; une portion de l'albite virtuelle se trouve donc dans le verre, de même que la totalité de la silice libre.

D. — *Composition chimique des laves quartziques calco-alcalines.*

Voici maintenant les analyses des types calco-alcalins avec quelques termes de comparaison :

304) *Rhyolitoïde*, entre Ampombiantambo et Bobasakoa (Pisani), I.3.(1)2.3 ; **305**) *Perlite*, Gué du Manambao, I.3.'2.3 (Boiteau); **306**) *Pechstein* (dellénitoïde), Itsanovondro, I.3'.2.3' (Boiteau) ; **307**) *Rhyolite*, Ampizarakisoa, I.(3)4.'2.3' (Boiteau); **308**) *Dellénitoïde à fayalite*, Sud de Ranomainty, I(II).'4.2.3' (Boiteau); **309**) *Rhyolite à sanidine*, Sahatsiho, I.4.'2.3' (Boiteau).

	304	305	306	307	308	309
SiO^2	77,31	72,61	70,75	71,45	64,03	68,34
Al^2O^3	10,63	11,35	11,39	12,97	12,77	16,91
Fe^2O^3	0,91	1,19	2,48	1,98	1,92	1,89
FeO	0,68	0,44	1,09	0,53	5,44	0,25
MgO	1,21	0,20	0,14	0,44	0,65	0,44
CaO	0,76	1,03	1,43	1,51	3,42	1,71
Na^2O	3,05	1,88	3,10	3,81	2,91	4,65
K^2O	3,33	4,00	3,98	3,53	4,30	5,01
TiO^2	0,07	0,23	0,46	0,47	1,30	0,56
P^2O^5	»	0,15	0,07	0,29	0,40	0,17
H^2O +	1,80	5,13	4,41	1,74	2,25	0,06
—		1 37	0,30	0,89	0,39	»
	99,75	99,58	99,60	99,61	99,78	99,99

310) *Dacitoïde oligoclasique*, Antsenavola (I)(II).(3)(4).2.'4 (Boiteau) ; **311**) *Dacite andésitique à cordiérite*, Manombo, (I)(II).(3)4.2(3).4 (Pisani); **312**) *Dacitoïde andésitique*, Ivohika, II.4.(2)3.(3)4 (Boiteau); **313**) *Dacitoïde andésitique* (pechstein), Morafeno, I.3.3(4).4 (Boiteau); C) *Esterellite*, Boulouris (Var), I(II).4.3'.4 ;

D) *Dacitoïde* sphérolitique, Acrotiri (Santorin), I'.3(4).3,4 ; E) *Microdiorite quartzique,* Kis Sebes (Transylvanie), I.II.3(4).'3.3(4) (C à E, M. Raoult).

	310	311	312	313	C	D	E
SiO^2	70,41	66,10	58,15	62,63	61,94	69,06	66,76
Al^2O^3	11,44	14,30	13,11	12,19	17,81	13,49	14,41
Fe^2O^3	2,45	1,17	2,72	2,98	2,06	2,86	2,74
FeO	2,37	5,23	6,27	2,89	2,26	1,28	2,23
MgO	0,72	1,04	2,87	1,49	2,30	1,05	2,01
CaO	3,02	2,41	5,51	4,84	6,62	3,64	3,64
Na^2O	3,74	3,06	3,09	2,12	3,69	3,23	3,02
K^2O	2,88	2,42	2,73	0,82	1,28	1,71	2,51
TiO^2	1,55	0,98	1,84	1,53	0,90	0,33	1,02
P^2O^5	0,39	0,15	0,40	0,35	0,18	0,07	0,39
H^2O +	1,00	3,25	2,67	4,11	0,81	1,67	0,62
—	0,31		0,27	3,94	0,14	1,63	0,77
	100,28	100,11	99,63	99,89	100,22[1]	100,02	100,12

E. — *Sakalavites.*

On verra page 39 qu'un grand nombre de laves noires, à facies basaltique, péridotiques ou non, renferment de la silice libre virtuelle qui ne peut être mise en évidence que par le calcul ; sa teneur est souvent telle que le rapport quartz à feldspaths peut atteindre 0,6, il en résulte que le deuxième paramètre de ces roches est 4, avec des passages gradués (4';4(5);(4)5;'5) à 5 ; ces roches sont donc, à proprement parler, des *dacitoïdes mésocrates* ; elles représentent la forme d'épanchement des diorites et des gabbros quartziques. Cependant, pratiquement, comme il n'est pas possible sans le secours de l'analyse chimique de les distinguer des basaltes à silice complètement saturée, je ne séparerai pas leur étude de celle des basaltes proprement dits, mais je crois utile de les désigner sous un nom spécial et j'emploie celui de *sakalavite,* pour rappeler leur abondance dans toute l'étendue de l'Ouest de Madagascar[2] ; elles seront qualifiées d'*andésitiques,* de *labradoriques,* etc., suivant la nature de leur plagioclase moyen.

Les roches de la Martinique, que j'ai décrites jadis[3] sous le nom de *basalte à quartz,* représentent une variété, dans laquelle le quartz est exprimé sous forme de phénocristaux, mais par leur teneur en éléments colorés elles établissent le passage des sakalavites aux dacites ; les paramètres sont en effet II(III).4.4.4' ; dans les dacites mésocrates du massif du Carbet (l'Alma), j'ai recueilli des enclaves homoeogènes renfermant à la fois du quartz bipyramidé et de l'olivine et présentant tantôt une structure microlitique, tantôt une structure grenue, elles constituent la forme holocristalline des sakalavites III.(4)(5).4.4'.

Ces roches des Antilles ont pour pyroxène dominant l'hypersthène qui est absent des sakalavites de Madagascar ; elles se rapprochent, mais avec un plagioclase moins riche en anorthite (60 pour 100), de la *miharaite* du cône central (Miharayama) (du volcan Oshima (Idzu, Japon)[4] qui, dans ma nomenclature, est une sakalavite bytownitique.

1. Y compris CO^2 0,23.
2. Le type le plus riche en silice virtuelle parmi ceux que j'ai fait analyser est la lave de Skaptáreldhraun en Islande (éruption de 1783). III. 4.(3)4.4'.
3. *La Montagne Pelée et ses éruptions,* 1904, p.
4. Seitaro Tsuboi. *J. of College of science.* Tokio, 1920, art. 6, p. 87.

CHAPITRE II

TRACHYTES ET PHONOLITES

I. — TRACHYTES.

Les trachytes, qui constituent la forme d'épanchement des magmas syénitiques, présentent à Madagascar des variétés nombreuses; à l'inverse de ce qui vient d'être signalé plus haut pour les rhyolites, je n'y connais qu'un seul exemple de trachyte plus potassique que sodique.

A. — *Trachytes alcalins.*

a. — Trachytes quartzifères riebeckitiques.

Un certain nombre des dômes du Sud-Ouest de l'Ankaratra sont constitués par des roches à grain fin, blanches, piquetées de petits points d'un bleu verdâtre foncé : elles jaunissent par altération. Ces roches sont essentiellement constituées par de l'anorthose, maclée suivant la loi de Carlsbad, aplatie suivant g^1, mais non orientée, ce qui explique le facies domitique de la roche. Ces cristaux, limités par p et $a^{1/2}$, constituent deux catégories de microlites plutôt que des microlites et des phénocristaux; ils sont moulés poecilitiquement par une amphibole bleue du groupe de la riebeckite, à aspect membraneux. Le quartz forme des éponges poecilitiques inégalement distribuées ; je donne page 24 l'*analyse* **315** du type le plus quartzifère que j'ai rencontré et que j'aurais rapporté au groupe rhyolitique (*comendite*), s'il était seul, mais dans les gisements voisins, la teneur en quartz est plus faible et peut même tomber à 0; cette roche constitue donc le terme extrême d'une série véritablement trachytique. Dans la plupart des gisements, il existe des variétés plus riches en riebeckite que le type normal et par suite plus bleuâtres.

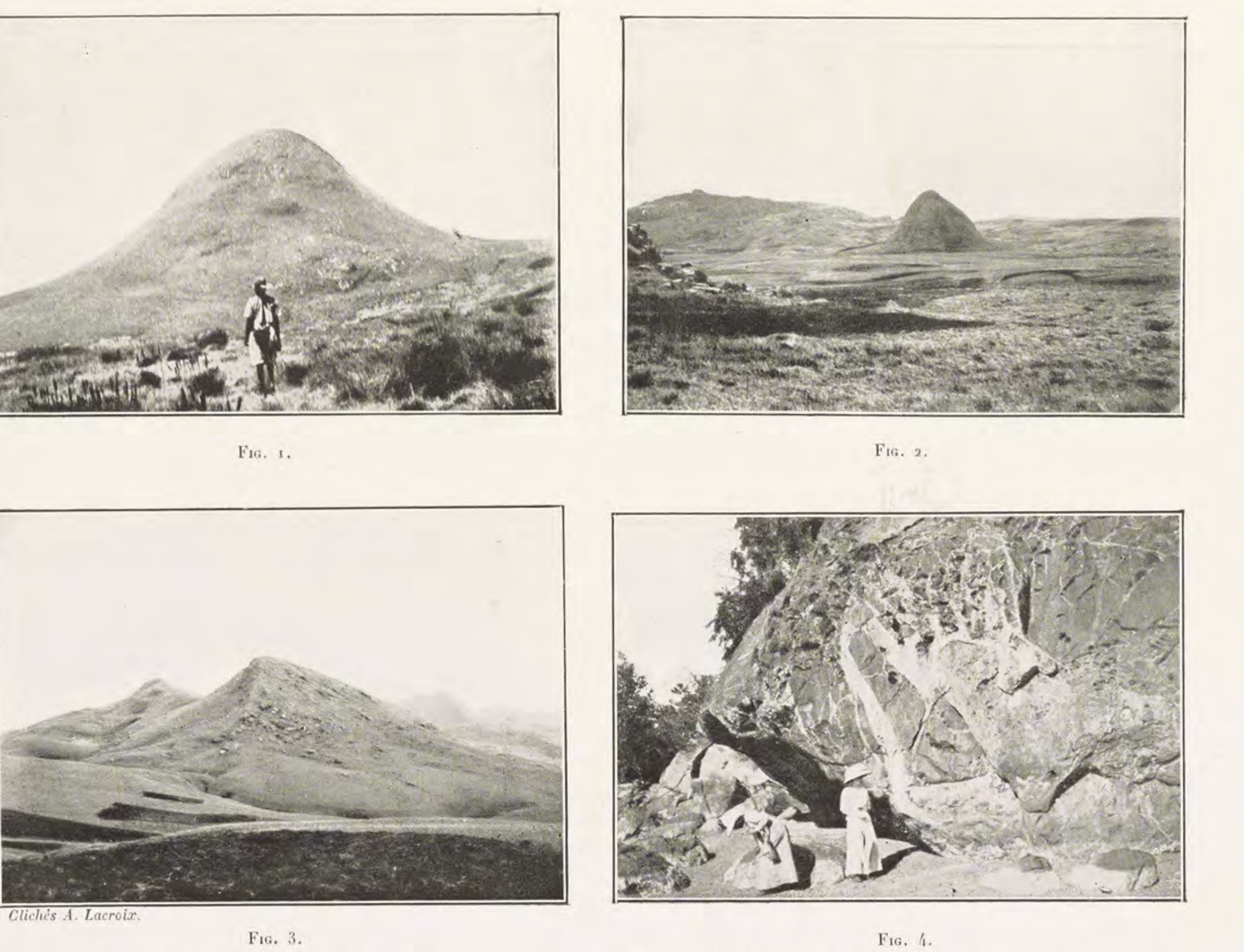


Fig. 1.

Fig. 2.

Clichés A. Lacroix.

Fig. 3.

Fig. 4.

Dômes trachytiques ; Sud du Vontovorona (fig. 1) ; Tsiazompaniry (fig. 2). — *Dôme phonolitique* ; Tsiafakalika (fig. 3). — *Syénite néphélinique* injectant *gabbro amphibolique*. Nosy Komba (fig. 4).

Les dômes principaux sont les suivants : Marovitsika, Tokovaribolo (un peu d'aegyrine, d'aenigmatite et de biotite dans la variété la plus bleue); Ambohimanentsina (un peu de biotite; délit prismatique); Sud-Ouest d'Ankazongoaika (un peu d'aenigmatite). Un piton de même nature, en partie érodé, se trouve dans la vallée de Manalalondo près Ambatovorona; la riebeckite y est concentrée par taches et forme même, dans les fentes, de petits cristaux d'origine pneumatolytique : à ce point de vue, elle est comparable à une rhyolite extrêmement leucocrate formant un filon le long du funiculaire de la Bourboule (Mont-Dore).

Je rapporte au même type des roches extrêmement pauvres en éléments colorés et qui établissent le passage aux bostonites. Elles ont l'aspect d'une dômite blanche; je citerai comme gisements Ambohibory, Ambohitrakanga, Inanobe. Par altération, la riebeckite disparaît et la roche se colore en brun rouge (Ambohimanentsina).

Il est à remarquer que dans l'Ankaratra, les trachytes alcalins qui contiennent du quartz libre sont surtout ceux qui renferment une amphibole sodique, alors que les types saturés et ceux qui sont néphélinifères ne renferment que du pyroxène.

Les roches qui sont décrites dans ce paragraphe offrent une certaine ressemblance minéralogique et structurale avec les variétés à microlites nets de *paisanite* connus à Ailsa Craig (Ecosse) et en blocs roulés dans le glaciaire de Dublin (Irlande), avec cette réserve que leur feldspath est vitreux et que la quantité de quartz qu'ils renferment est moindre.

b. — Trachytes à pyroxènes sodiques.

Ces trachytes sont très leucocrates, souvent parfaitement blancs; ils sont très fréquemment quartzifères. Dans le Nord-Ouest de l'île, le trachyte d'Angorony renferme des phénocristaux d'anorthose finement quadrillée et d'augite aegyrinique, cerclée de lanéite rosée; ils sont distribués au milieu de microlites lamelleux du même feldspath et sont moulés poecilitiquement par de l'aegyrine, de la lanéite et un peu de quartz intersertal (*analyse* 319). Des roches analogues se trouvent dans le massif d'Antsatrotro (ruisseau d'Antsahabe) et à Ambatofotsy; on peut y rattacher aussi les formes microlitiques de la microsyénite un peu quartzifère d'Ambatotsivikina.

Il faut en rapprocher les trachytes gris de quelques dômes de l'Itasy (Ambohibe, Beteheza, Ambohimpantsakarivo, Andriatsimatavy) qui sont un peu moins riches en silice et un peu plus calciques. Les phénocristaux d'anorthose très minces, à formes nettes (p, g^1, $a^{1/2}$), se divisent sur g^1 en quatre secteurs à extinctions ondulées. Le sphène est constant. Le pyroxène, surtout microlitique, est une augite acmitique jaune d'or, un peu polychroïque et très biréfringente.

Par contre, près d'Antsiatsia, sur le haut Bemarivo de l'Est, c'est de la véri-

table aegyrine aciculaire, qui caractérise un trachyte compact, de même structure ; elle est accompagnée d'un peu de lanéite. Ce trachyte est associé à une grorudite ; il est, lui-même, quartzifère et passe à la rhyolite. Un trachyte à acmite, forme des filons à Mahatsinjo, sur la rive gauche de la Loky.

Au Sud de Bekodia se trouve un trachyte (*analyse* 314) très quartzifère, dépourvu de minéraux ferrugineux autres qu'un peu de biotite, mais la richesse en Fe^2O^3 fait penser à la possibilité de l'existence antérieure d'un pyroxène ou d'une amphibole sodique. Peut-être en est-il ainsi pour un trachyte à grandes lames d'orthose associé à un peu de quartz d'Ankijomantsina dans la région de Vohémar (filon ?).

c. — Trachytes phonolitiques.

Ces trachytes sont caractérisés par leurs grands microlites d'anorthose, aplatis suivant g^1 et distribués suivant des plans parallèles qui déterminent la fissilité plus au moins grande de la roche, à aspect de phonolite d'un gris verdâtre, jaunissant par altération. Aux affleurements, ces roches deviennent blanches, perdent leur éclat un peu gras pour devenir ternes et âpres au toucher. Il est possible de constater sur de gros blocs que cette transformation s'effectue par zones concentriques, mais il est des affleurements où l'on ne voit que ce stade d'altération. Au microscope, on s'aperçoit de la disparition de tout élément autre que l'anorthose (mont Vohitrakanga, rocher blanc voisin du sommet du Tsiafajavona, Bezavona (Ankaratra) ; parfois même apparaît de l'opale secondaire (Sud de Faratsiho) (voir à *opale*) se transformant plus tard en quartz (Ambohibalo).

Il faut distinguer plusieurs variétés minéralogiques ne différant les unes des autres par aucun caractère extérieur. Le type dominant dans les dômes de l'Ankaratra renferme des grains d'augite verdâtre, avec des pseudomorphoses de hornblende en augite et magnétite : l'apatite, à inclusions cinériformes, est fréquente : Bongatsara (*analyse* 320) ; Nord d'Ankaranana ; Ambohitrarivo ; Ouest d'Ankeniheny (Nord-Est d'Ampangabe ; à l'inverse des roches des autres gisements, ce trachyte est dépourvu de phénocristaux d'anorthose) ; Kanota, près Ambohitrakanga, Tsiazompaniry (au Nord-Ouest du Tsiafakalika) ; Mahatsinjo (Antarazo), entre Belamosina et Ambohitritaimamo ; mont Kidondona ; monts Antsongombato et Ambohitritaimamo ; mont Manarilefona, puis, à l'Est du Vontovorona, le mont Botratra. Dans l'Ankaizina, sur le flanc Sud de l'Ambondro, se rencontre cette même variété de trachyte ; l'augite ægyrinique est en partie postérieure aux feldspaths.

Une variété de ce type est caractérisée par l'abondance de phénocristaux de *fayalite* (Sommet 2042 mètres, à l'Est-Nord-Est de l'Ampizarakisoa ; Ouest

d'Ankazongoaika (avec enclaves homœogènes lamprophyriques à biotite et hornblende); Inanokely; Faravohitra (coulée); Andranogoaika.

d. — Trachytes phonolitiques néphélinifères.

Un autre type de trachyte phonolitique que j'appellerai *type Sarobaratra* a pour pyroxène une augite aegyrinique très verte, généralement poecilitique par rapport aux feldspaths; il existe en outre une petite quantité de néphéline ou de sodalite, dépourvues de formes géométriques et moulant les microlites de feldspath; ce type trachytique, un peu moins siliceux que les précédents, établit le passage entre celui-ci et le suivant. Je citerai comme exemple dans l'Ankaratra : Sarobaratra, le Sud-Ouest d'Ankaranana, le Sud d'Analamaintona, Bevohoka, Antsingila; le Nord-Ouest de la chaîne d'Ampizarakisoa; puis, à l'Est d'Antsirabe, l'Iankiana, et l'Iharandramosa.

Le *type Tsiafakafokely* peut être comparé à la sölvsbergite de Nosy Kivonjy (voir page 609 du tome II), à la cristallinité près; sa caractéristique réside dans l'existence de cristaux nets, clairsemés, de néphéline dont les formes sont jalonnées par de l'aegyrine poecilitique. A citer, dans l'Ankaratra, le dôme de Tsiafakalika, les ravins à l'Ouest et au Sud-Ouest de Laona, le mont Andrakotra, l'Ouest d'Ambohitrakanga (parfois, il existe des phénocristaux de fayalite), Tsiafakafokely (*analyse* **322**); Maroparasy; 4 kilomètres Nord-Est d'Ampangabe; mont Ambohimanentsina (Sud-Est de Vinaninony); mont Andrakotra (ou Andrakodavary); Ouest du mont Trafonomby (sources de la Sahalomby). Ce même type constitue les dômes du Vontovorona et le petit dôme situé plus au Sud (roche parfois tachetée par suite de la localisation du pyroxène autour d'aires globuleuses dépourvues de métasilicate).

J'ai rencontré aussi ce type à l'état de blocs dans les ravins d'Ambaliha (baie d'Ampasindava) et sur le pourtour du massif d'Ambre, à Ampombiantambo.

Dans le massif de l'Ambondro, il existe des trachytes phonolitiques différents de ceux-ci par la dimension, beaucoup plus petite, de leurs cristaux de néphéline; ils sont parfois riches en aenigmatite poecilitique. Les feldspathoïdes, généralement transformés en opale, sont distribués par taches.

Ces trachytes néphélinifères établissent le passage aux phonolites. Lorsque leur néphéline est altérée, leur composition chimique présente des particularités qui vont être signalées plus loin.

Type Kitia. — Ce type constitue le dôme du Kitia, sur le bord occidental du lac Itasy; il présente les caractéristiques extérieures des trachytes alcalins décrits plus haut qui forment les dômes voisins, mais il s'en distingue, au microscope, par la présence d'une quantité considérable de petits cristaux monoréfringents,

appartenant au système cubique, tantôt incolores, tantôt légèrement colorés à leur centre par de fines inclusions ferrugineuses; ils sont moins réfringents que l'anorthose qui les englobe et sont à comparer à la noséane des trachytes phonolitiques du Mont-Dore. L'*analyse* **323** montre qu'au point de vue chimique, ces trachytes du Kitia se trouvent à la limite des phonolites.

e. — **Trachytes dépourvus de minéraux colorés, ou pauvres en biotite.**

Sur le nœud servant de partage des eaux aux sources de la Mahavavy, du Maevarano et de l'Androranga, se trouvent des trachytes jaunes, à cassure conchoïdale, ressemblant à des silex. Ils sont uniquement constitués par quelques phénocristaux de petite taille et beaucoup de microlites d'anorthose, avec un peu de quartz et de calcédonite secondaire; ces phénocristaux de feldspath sont remarquablement tordus, parfois pliés en demi-cercle, avec extinctions roulantes.

Près des sources de l'Androranga, il existe une brèche ignée de ce trachyte, à ciment ferrugineux, riche en calcédonite à enroulement. Dans le massif de l'Ambondro (Ankaizina), j'ai observé des trachytes de même aspect (phénocristaux d'anorthose à macles très fines), avec des variétés grises, très riches en cavités bulleuses, que tapissent de petits mamelons de calcédonite et de calcite; ils sont accompagnés de *tufs*, constitués par des fragments poreux de trachyte, de cristallinité variée, renfermant parfois quelques phénocristaux de biotite ou de hornblende brune. Des trachytes passant aux rhyolites se trouvent à Ampanompia (*analyse* **316**).

D'autres trachytes contiennent une petite quantité de phénocristaux de biotite, associés à de l'orthose finement maclée et un peu de magnétite; telle est une roche blanche, compacte, formant des dykes un peu au-dessous du sommet d'Ambohibalo, sur une crête au Sud-Est du Tsiafajavona; tel est aussi le trachyte de Nosy Karakajoro qui est moins compact. Il montre, au microscope, une petite quantité d'amphibole sodique verdâtre, très peu biréfringente, avec un peu de quartz interstitiel (*analyse* **324**).

Il faut rapporter au même type les ponces trachytiques du cratère de Ziani dans l'île Pamanzi, aux Comores (*analyse* **325**).

Bostonites. — Ces roches blanches, à aspect saccharoïde, sont formées par des microlites d'orthose sodique, souvent accompagnés d'un peu de quartz; elles passent alors aux bostonites quartziques décrites dans le tome II, à la page 601; elles sont complètement dépourvues d'éléments colorés et fréquemment tachetées de brun par altération de pyrite secondaire. Je les ai rencontrées, sous forme de filons minces, dans les sédiments de la région d'Ankaramy et dans le ravin d'Antsohanina (Massif du Bezavona).

B. — *Trachytes calco-alcalins.*

Les trachytes à plagioclases malgaches se rapprochent par leur composition chimique de la laurvikite ; ils se présentent avec deux aspects extérieurs différents ; les uns sont poreux, âpres au toucher ; ils ont un facies domitique ; les autres, au contraire, sont compacts, avec parfois orientation des feldspaths, ce qui leur donne une texture phonolitique. Je les distinguerai d'après la nature de leur élément coloré.

a. — **Trachytes à biotite ou à hornblende.**

α. *Trachytes à biotite.* — Ces roches rappellent beaucoup les *dômites* du Puy-de-Dôme ; les phénocristaux sont peu nombreux et petits ; ils sont distribués dans une pâte poreuse, friable, grise (sommet Nord-Est d'Ambohimadinika : phénocristaux de biotite, d'augite vert pâle, d'anorthose, d'andésine) ou blanche [mont Ambohitralika (rive droite de l'Amborompotsy) : mêmes phénocristaux que dans la roche précédente, avec en plus un peu de hornblende] ; les phénocristaux et les microlites d'anorthose sont aplatis suivant g^1 ; ils sont maclés suivant la loi de Carlsbad, ont des extinctions ondulées et présentent, grâce à l'existence d'un peu de verre, les formes nettes (limitées par p et $a^{1/2}$), qui sont caractéristiques de la dômite française.

Il faut rapporter au même type des variétés que j'ai recueillies au centre et dans le Nord-Est de l'Ankaratra ; des lamelles hexagonales de biotite se détachent, en grand nombre, sur un fond blanc ou grisâtre [Ambohimirandrana, Ambohivorona (*analyse* **327**) ; Ambohimandry] ; les phénocristaux d'anorthose dominent parmi les feldspaths ; il existe souvent un peu de quartz. Ces roches sont pauvres en chaux et se rapprochent des types alcalins.

Dans les alluvions d'Antsirabe, se trouvent des blocs de trachyte à petits phénocristaux de sanidine, provenant certainement du Famoizankova. Enfin, une dernière variété, pauvre en phénocristaux de feldspaths, se rencontre au pied oriental du Tsiafajavona, à Andraratikely.

Enclaves homœogènes. — Une caractéristique constante de ces diverses variétés trachytiques et qu'elles partagent avec les rhyolites à grands cristaux de sanidine décrits page 10, et avec les sancyites du Sancy au Mont-Dore, réside dans l'abondance d'enclaves homœogènes holocristallines, constituées par l'enchevêtrement miarolitique de cristaux d'andésine, englobant des lames de biotite et de longs cristaux de hornblende brune, très biréfringente ; les intervalles miarolitiques sont parfois

remplis, en partie, par du quartz (dans rhyolite de la Sahatsiho) ou tapissés par des lamelles hexagonales de tridymite (trachyte du mont Irifatra).

Il me reste à signaler un dernier type de trachyte à biotite qui ne diffère des précédents que par la texture de sa pâte, qui est compacte, d'un gris noirâtre, tacheté de jaune. Ce trachyte, qui est le plus sodique de la série, se trouve dans les parties Est et Sud-Est de l'îlot d'Ankazoberavina (*analyse* 331).

β. *Trachytes à hornblende.* — Dans la haute vallée de Manalalondo, j'ai recueilli en amont d'Antanifotsy, et non en place, des blocs d'un trachyte à pâte gris foncé, très compacte, renfermant des phénocristaux de hornblende de 2 centimètres de longueur, accompagnés de quelques phénocristaux d'andésine. Au microscope, la composition apparaît très simple ; ces phénocristaux, accompagnés d'un peu de magnétite, sont englobés par des microclites aplatis d'orthose sodique, avec un peu d'augite (*analyse* 326).

b. — Trachytes à pyroxène.

Ces trachytes se présentent sous deux aspects dont les types peuvent être respectivement choisis dans l'Itasy au mont Andranonatoa et dans le Nord de l'île, au mont Tsaratanana.

Type Andranonatoa. — Ce type abonde dans le massif de l'Itasy, il constitue les dômes suivants : Andranonatoa, Sakadimy, Lazaina, Angavo, Ngilofotsy et ceux situés au Nord de la Mazy ; et aussi, la grande coulée descendant du sommet de l'Andranonatoa[1] vers le Nord. Les caractères extérieurs sont ceux des trachytes alcalins à pyroxène de la même région décrits plus haut, c'est-à-dire que leur couleur est grise et que leur structure est très cristalline, mais avec une cassure irrégulière. La roche qui constitue le dôme de l'Andranonatoa a ce même aspect, mais dans la coulée, il existe une grande variété de texture, ses parties superficielles sont plus ou moins noires, poreuses ou même très scoriacées.

La distinction avec les trachytes alcalins ne peut se faire qu'au microscope qui permet de constater l'abondance de l'andésine parmi les phénocristaux ; ce plagioclase présente les macles de l'albite, de Carlsbad et souvent de la péricline ; il forme des cristaux indépendants ou bien est cerclé par l'anorthose ; un plagioclase un peu plus acide se trouve aussi dans la pâte, mélangé à l'anorthose prédominante. Le pyroxène, légèrement verdâtre, est de l'augite normale et non plus de

1. J'ai recueilli dans ce trachyte des enclaves de granite dans lesquelles s'observent des aiguilles d'hypersthène et d'augite comme produits de recristallisation.

l'augite acmitique. Dans les variétés scoriacées d'Andranonatoa, il existe une quantité plus ou moins grande de verre (*analyse* 329).

Type Tsaratanana. — La texture de ces trachytes rappelle un peu celle des trachytes phonolitiques décrits plus haut, mais avec une fissilité moindre. Les phénocristaux de petite taille (anorthose, andésine, hornblende plus ou moins résorbée, fayalite et plus rarement augite) sont distribués dans une pâte d'un gris verdâtre, compacte, qui, au microscope, se résout en microlites aplatis d'orthose sodique accompagnés d'augite et de titanomagnétite. C'est là le type de la roche volcanique du mont Tsaratanana et de toute la région voisine et notamment des crêtes qui dominent les hautes vallées de la Mahavavy et du Sambirano (*analyse* 328).

Je rapproche de ce type, à cause de sa composition chimique, le trachyte formant un petit dôme à Amby, à 37 kilomètres à l'Est d'Antsirabe : c'est une roche très cristalline d'un gris noirâtre extrêmement riche en petits phénocristaux, à formes nettes, d'anorthose à macles quadrillées ; ce feldspath doit renfermer l'anorthite virtuelle mise en évidence par l'analyse ; il existe quelques cristaux d'olivine et d'augite : les microlites d'orthose ont des sections filiformes, ils sont accompagnés de quelques microlites d'augite verte (*analyse* 330).

c. — **Composition chimique des trachytes.**

Je donnerai tout d'abord la composition chimique de l'unique trachyte malgache renfermant plus de potasse que de soude et qui est très voisin des rhyolites.

314) Trachyte du Sud de Bekodia I'.4'.1,3 (Boiteau) ; l'abondance d'oxyde ferrique porte à penser que cette roche renfermait un métasilicate ferrugineux qui a été altéré par oxydation. *a*) trachyte des Monti Arci (Sardaigne) (Washington, *Amer. J. of Sc.*, t. XXXVI, 1913, p. 584), I'.'5.1.3. Je signalerai le parenté de composition chimique du trachyte de Bekodia et du microgranite de l'Ansatrotro.

	314	*a*
SiO^2	62,73	65,94
Al^2O^3	15,42	16,11
Fe^2O^3	5,65	2,56
FeO	0,83	0,82
MgO	0,64	0,60
CaO	0,40	1,06
Na^2O	4,38	5,27
K^2O	5,72	6,49
TiO^2	1,41	1,21
P^2O^5	0,24	
H^2O +	1,36	0,25
—	0,97	0,36
	99,75	100,73[1]

1. Y compris MnO 0,06.

Dans le tableau suivant, sont réunis les types quartzifères, comparés à d'autres, quartziques.

315) *Trachyte quartzifère riebeckitique*, Marovitsika, I.4'.1.(3)4 (Boiteau); je le comparerai aux roches suivantes, toutes plus siliceuses; *b*) *Paisanite*, Toguilé (Erythrée) (E. Manasse, *Stud. petr. Erythrée*, 1909, p. 97) I.4.1.4; *c*) *Comendite*, Comende (Sardaigne) (Dittrich, *in* Rosenbusch, *Elemente*, 1898, p. 257) I'.'4.1.3.

316) *Trachyte quartzifère*, Ampanompia, I.4(5).1(2).3(4) (M. Raoult); **317**) *Trachyte néphélinifère altéré*, Vontovorona I(II).5.1(2).3(4) (Boiteau).

Cette dernière roche renferme des cristaux nets de néphéline devenus monoréfringents par altération. On déduit du calcul de cette analyse que la roche, au lieu de présenter un déficit de silice sur la quantité feldspathisable, comme il convient à une roche renfermant de la néphéline, contient au contraire 1,8 pour 100 de silice libre. La néphéline a donc été transformée en opale, avec élimination d'alumine et de soude : la quantité de soude disparue peut être estimée à environ 2 pour 100 par comparaison avec la roche d'Iharandramosa, donnée dans le tableau suivant (*analyse* **321**) qui a sensiblement la même composition minéralogique quantitative. On se trouve là en présence d'un de ces cas extrêmement fréquents dans l'histoire des roches à néphéline et sur lequel j'ai récemment appelé l'attention. Lorsque le cadavre de la néphéline (ou des minéraux des groupes haüyne-noséane) n'est plus visible, l'on peut être induit en erreur sur le véritable caractère chimique de la roche; ce fait est particulièrement fréquent dans les laves à facies phonolitique du Massif central de la France. Le même cas est réalisé par le trachyte phonolitique des rochers de l'Ile Blanche à Tirini (Mayotte) dont l'analyse I'.4.2.(3)(4) est donnée sous le n° **318** : il renferme près de 20 pour 100 de SiO^2 et 7 pour 100 d'alumine non feldspathisée.

	315	*b*	*c*	316	317	318
SiO^2	68,28	71,98	74,76	66,00	61,49	60,36
Al^2O^3	17,08	14,48	11,60	17,14	17,57	20,51
Fe^2O^3	1,58	0,88	3,50	2,55	2,76	3,00
FeO	1,03	0,92	0,19	1,05	3,16	1,82
MgO	0,14	0,28	0,18	tr.	0,05	0,61
CaO	0,26	0,76	0,07	1,02	2,00	2,42
Na^2O	5,68	5,98	4,35	5,61	5,80	3,77
K^2O	4,62	3,71	4,92	5,38	5,50	3,36
TiO^2	0,23	»	»	0,72	0,28	0,44
P^2O^5	0,10	»	»	0,09	0,08	0,12
H^2O +	0,72	0,85	0,64	0,30	0,40	2,06
—	0,41			0,26	0,66	1,43
	100,13	99,84	100,21	100,12	99,80[1]	99,90

1. Y compris Cl 0,04, SO^3 0,01.

A l'inverse des roches précédentes, celles qui suivent sont exactement saturées ou renferment une petite quantité de néphéline. **319**) *Trachyte à aegyrine*, Angorony, I.5.1.(3)4 ; **320**) *Trachytes phonolitiques*, Bongatsara (I)II.5'.1.(3)4 ; **321**) *Idem*, Ihiarandramosa, I.5.1(2).'4 ; **322**) Tsiafakafokely, I'.5'.1.4 ; **323**) *Idem*, Kitia, I.5(6).1.4.(5 à 9, Boiteau) ; **324**) *Trachyte*, Nosy Karakajoro, I(II).5.1.'4 (Pisani) ; **325**) *Ponce trachytique* : cratère de Ziani, I(II).5.(1)2.'5 (M. Raoult) ; *e*) *Trachyte*, ravin des Fleurs jaunes (Salazie, Réunion) (Boiteau, *in* A. Lacroix, *C. Rendus*, t. CLV, 1912, p. 541) I(II).5.1.(3)4 ; A. *Trachyte phonolitique*, Liberté (Haute-Loire), I.4.1(2).4 (M. Raoult).

	319	320	321	322	323	324	325	*e*	A
SiO^2 . .	62,91	59,49	60,95	60,81	60,30	63,50	59,08	61,49	62,24
Al^2O^3 . .	18,25	17,17	19,50	18,73	20,62	16,70	19,81	18,25	19,93
Fe^2O^3 . .	2,08	2,27	1,85	2,60	1,53	2,62	2,85	1,77	1,91
FeO . . .	1,47	3,33	1,19	2,37	0,51	1,78	3,61	3,13	1,11
MgO . . .	0,20	1,12	0,15	0,42	0,19	1,54	0,44	0,41	0,10
CaO . . .	0,87	2,62	1,88	1,52	1,49	1,38	1,62	1,65	1,40
Na^2O . .	6,87	6,48	7,17	7,76	8,06	6,58	5,94	6,78	7,60
K^2O . . .	5,85	5,26	5,20	4,69	5,64	4,61	4,19	5,47	5,01
TiO^2 . . .	0,94	0,59	0,42	0,15	0,25	0,57	»	0,51	0,20
P^2O^5 . . .	0,19	0,38	0,08	0,11	0,08	tr.	0,13	0,09	0,07
H^2O + . .	0,47	0,37	1,07	0,31	0,31	1,00	1,46	0,26	0,44
— . .		0,57	0,16	0,16	0,12		0,17		0,05
	100,10	99,65	99,80[1]	99,63	99,79[2]	100,38[3]	99,74[4]	99,81	100,26[5]

Voici une série d'analyses de trachytes à plagioclases.

326) *Trachyte à hornblende*, Antanifotsy, I(II).5.2.4 ; **327**) *Trachyte à biotite*, Ambohivorona, I.(4)5.'2.4' (Boiteau) : ces roches, renfermant un peu de silice virtuelle, sont à comparer aux suivantes ; *f*) *Dômite*, Puy-de-Dôme, I'.5.1(2).4 (Pisani, *in* A. Lacroix, *C. Rendus*, t. CXLVII, 1908, p. 830) ; *g*) *Trachyte*, Bras des Demoiselles (Salazie, Réunion), I'.(4)5.2.4 (Boiteau, *in* A. Lacroix, *C. Rendus*, t. CLV, 1912, p. 541).

Les trachytes suivants, au contraire, renferment de la néphéline virtuelle :

328) *Trachyte phonolitique*, Sud-Ouest, mont Tsaratanana, I'.5.2.'4 ; **329**) *Idem*, Andranonatoa, I(II).5'.2.(3)4 ; (14 et 15, Boiteau) ; **330**) Amby, Est d'Antsirabe, 'II.5.2.(3)(4) (Raoult) ; **331**) *Trachyte*, Ankazoberavina, 'II.5.'2.4 (Boiteau) ; ces roches sont à comparer aux trachytes phonolitiques du Massif central de la France.

1. Y compris Cl 0,55 ; SO^3 0,03.
2. Y compris Cl 0,31 ; SO^3 0,18 ; MnO 0,20.
3. Y compris MnO 0,10.
4. Y compris MnO 0,23 ; Cl 0,21.
5. Y compris Cl 0,14 ; SO^3 0,06.

B. Sanadoire (Mont-Dore) I′.5.2.(3)4 ; C. La Tuilière, I(II).5.′2.(3)4 ; D. Puy Griou (Cantal) I(II).5′.′2.(3) (4) (B. à D., M. Raoult).

	326	327	*f*	*g*	328	329	330	331	B	C	D
SiO^2. . .	58,39	63,08	65,10	61,98	59,16	56,90	58,22	59,28	59,76	59,24	57,56
Al^2O^3. .	18,11	19,22	17,70	17,79	19,16	19,24	16,72	17,50	19,08	18,20	18,30
Fe^2O^3. .	2,55	1,99	1,44	3,39	1,70	3,57	2,66	2,27	2,25	1,40	1,20
FeO. . .	2,65	0,73	1,27	2,61	3,04	0,78	4,72	2,86	1,35	1,46	2,26
MgO. . .	1,11	0,36	0,79	0,59	0,61	0,84	1,04	1,09	0,59	0,38	1,88
CaO. . .	3,90	2,09	2,32	2,82	2,83	4,71	3,06	3,55	3,16	4,90	3,30
Na^2O. . .	6,24	5,76	6,61	5,59	5,56	5,98	5,11	7,33	5,69	5,84	5,68
K^2O. . .	3,74	4,26	4,30	3,65	5,20	4,99	4,59	2,68	5,01	5,15	5,32
TiO^2. . .	1,18	0,94	0,53	0,72	0,92	1,40	0,86	1,16	0,80	0,24	1,00
P^2O^5. . .	0,30	0,42	0,06	0,29	0,23	0,25	0,06	0,23	0,11	0,13	0,11
H^2O +. .	0,94	0,64	»	0,37	1,44	0,57	1,52	1,44	1,63	2,40	2,38
—. .	0,57	0,58	»		0,26	0,15	0,94	0,35	0,28	0,32	0,88
	99,68	100,07	100,12	99,80	99,75	99,58[1]	100,04[2]	99,24	100,17[3]	100,07[4]	100,04[5]

II. — PHONOLITES.

A cause de leur grande richesse en feldspaths aplatis et orientés, les trachytes néphélinifères décrits dans le précédent paragraphe possèdent bien plus nettement ce que l'on est convenu d'appeler la texture phonolitique (délit en dalles sonores) que les véritables phonolites. Celles-ci se rencontrent dans un bien plus petit nombre de centres volcaniques de l'île que ces trachytes.

Phonolites à néphéline. — La phonolite qui paraît prédominer dans la montagne d'Ankitsika est une roche dont la cassure possède un éclat gras ; elle est tachetée de vert sombre et paraît homogène ; au microscope, on voit qu'elle est essentiellement constituée par de petits cristaux nets de néphéline et d'orthose, au milieu desquels sont disséminées de longues aiguilles d'aegyrine et d'augite aegyrinique, à structure poecilitique (*analyse* **332**).

A la pointe d'Ankify et dans les monts du Sambirano (Ambohidravaka), il existe, au milieu des assises liasiques, des dykes et peut-être des dômes de phonolites appartenant à deux variétés. L'une, grisâtre, compacte, sans phénocristaux macroscopiques, l'autre plus feldspathique, un peu fissile, et renfermant des phénocristaux d'orthose. L'une et l'autre variété contiennent des phénocristaux microscopiques d'augite aegyrinique, de hornblende, plus ou moins complètement résorbée en

1. Y compris MnO 0,20.
2. Y compris CO^2 0,54.
3. Y compris Cl 0,39 ; SO^3 0,17.
4. Y compris Cl 0,13 ; SO^3 0,08 ; MnO 0,20.
5 Y compris Cl 0,09 ; SO^3 0,08.

augite et en magnétite ; ils sont disséminés au milieu de microlites hexagonaux de néphéline, de lamelles d'orthose et de grains d'augite aegyrinique. Dans le premier type, la néphéline est plus abondante que dans le second (*analyse* 334). La sodalite et l'analcime sont constantes, ainsi que de petites enclaves lamprophyriques à olivine, qui rappellent celles des phonolites du Cantal et du Mont-Dore[1]. Il faut rapporter au même type un filon traversant les grès liasiques au Sud-Sud-Est d'Ambodimadiro et des traînées dans la syénite néphélinique de Nosy Komba.

J'ai décrit page 618 du tome II, sous le nom de tinguaïte, à cause de la forme aciculaire de leur aegyrine, des roches vertes, parfois porphyriques, de composition chimique analogue à celle des roches précédentes, qui forment des filons dans la région de Diego-Suarez. Il est possible qu'une partie d'entre elles constituent des épanchements et, dans ce cas, il faudrait les considérer comme une variété des phonolites dont je m'occupe ici. J'ai recueilli des blocs de la même roche, vert poireau, dans les tufs de Dzaoudzi (Comores) (*analyse* 335).

Phonolites à haüyne. — Les dômes de la région de l'Ampariby sont en partie constitués par des phonolites, remarquables par les variations de leur composition et par l'abondance de cristaux de haüyne incolore.

On y trouve des types jaunes, presque hololeucrates, formés uniquement d'orthose et de cristaux automorphes de néphéline, alors que d'autres, d'un vert olive pâle, renferment un pyroxène sodique. Ces phonolites varient aussi, par les proportions de leurs deux éléments principaux, entre un type très néphélinique, dépourvu de phénocristaux macroscopiques [cette roche, à cassure compacte et cireuse se rencontre particulièrement à Ambohibory (*analyse* 336), puis entre Bemanevika et Andriampamena ; dans ce dernier gisement l'orthose se trouve, non en microlites, mais à l'état de sphérolites à allongement négatif, particularité de structure à peine connue dans les phonolites] et un autre, très feldspathique, riche ou non en phénocristaux d'orthose qui deviennent parfois si abondants (Est d'Ambalaronga) que la roche présente un aspect syénitique. Les gisements les plus riches en haüyne se trouvent entre Bemanevika et Andriampamena et à Ambohimirahavavy (*analyse* 337) (un peu d'aegyrine).

Phonolitoïdes. — Je désigne ainsi des roches ayant la composition chimique de phonolites, mais dans lesquelles la néphéline n'est pas visible.

J'ai reçu récemment de M. Plaideau, une roche de ce genre, à facies trachytique, provenant d'Anjouan. De grands cristaux d'orthose sodique, de hornblende brune, en voie de résorption, de 1 à 2 centimètres, des cristaux plus petits d'augite, de noséane et de magnétite sont distribués dans une pâte microlitique d'orthose, à

1. A. Lacroix, *Les enclaves des roches volcaniques*, 1893, p. 426.

sections filiformes, accompagnée d'augite. La néphéline n'est pas distincte, cependant l'*analyse* **338** ne laisse aucun doute sur l'attribution de cette roche au groupe des phonolites. Il est probable que c'est de cette roche que proviennent les fragments transparents d'orthose sodique qui se rencontrent dans les tufs volcaniques de l'île.

Composition chimique. — Les phonolites qui viennent d'être décrites correspondent à un type pauvre en chaux, qui n'est pas rare dans ce groupe de roches, mais qui est surtout représenté par les syénites néphéliniques à aegyrine et par les tinguaïtes. On comparera avec fruit les analyses ci-contre, avec celles données page 615 et page 621 du tome II. (Cf. notamment celle de la tinguaïte d'Andrakaka.

Phonolites à aegyrine et augite ægyrinique. — **332**) Mont Ankitsika, I'.6.1.4 ; **333**) Nosy Komba 1'.(5)6.I.'4 ; **334**) Ankify, I(II).6.1'.4 ; **335**) *Tinguaïte* Dzaoudzi, I(II).5(6).(1)(2).4 ; **336**) *Phonolite à haüyne*, Ambohibory, I'.6.1.4 ; **337**) *Idem*, Ambohimirahavavy, I'.6,1.4 ; **338**) *Phonolitoïde*, Anjouan, II.6.1.4 ; (**332** et **334**, Boiteau ; **333, 336, 337**, Pisani ; **335**, Raoult). *a. Phonolite*, Straub Mountain, Creeple Creak (Colorado), I.6.1.4 (Hillebrand, *in* W. Cross, *U. S. geol. Ann. Report*, XVI, 1895, p. 39) ; *b.* Hohentwiel (Hegau), I.6.1(2).4 (Föhr, *Inaug. Dissert. Wurzburg*, 1883, p. 8).

	332	333	334	335	336	337	338	*a*	*b*
SiO^2	55,61	58,62	54,15	56,30	57,60	59,51	55,78	58,78	55,01
Al^2O^3	20,63	21,50	21,95	19,24	20,20	20,40	16,21	20,03	21,67
Fe^2O^3	2,86	0,47	2,07	4,04	1,61	1,50	5,37	1,87	1,95
FeO	1,19	3,65	1,74	1,29	1,12	1,35	2,61	0,49	1,86
MgO	0,27	0,88	0,82	0,88	0,80	0,77	1,79	0,16	0,13
CaO	1,26	0,56	2,55	2,10	1,61	0,77	3,08	0,83	2,12
Na^2O	9,62	7,95	8,29	7,53	9,42	9,42	8,44	9,36	9,78
K^2O	5,29	5,47	6,10	3,91	4,90	4,90	3,88	5,50	3,54
TiO^2	0,23	0,06	0,66	0,65	0,20	0,31	1,00	0,29	0,27
P^2O^5	0,14	»	0,16	0,08	0,10	»	0,44	0,03	0,08
H^2O +	2,15	1,12	1,00	2,74	2,00	1,40	1,02	1,57	2,17
—	0,12		0,30	1,42			0,49	0,31	
SO^3	0,05	»	»	»	0,13	»	»	0,12	0,41
Cl	0,40	»	»	»	»	»	»	0,58	0,08
	99,82	100,28	99,79	100,18	99,69	100,33	100,11	100,24[1]	99,41[2]

III. — LATITE NÉPHÉLINIQUE ET TAHITITES.

Les roches d'épanchement correspondant aux monzonites néphéliniques

1. Y compris MnO 0,15 ; ZrO^2 0,17.
2. Y compris MnO 0,22 ; Cu 0,12.

peuvent être rangées en deux groupes suivant que la potasse y domine sur la soude ; — ce type extrêmement rare est représenté par ce que j'appelle des *latites néphéliniques* — ou bien que la soude l'emporte sur la potasse, ce sont mes *tahitites*[1], mais, dans les deux cas, le rapport de l'orthose aux plagioclases calculés reste voisin de l'unité.

a. — Latite néphélinique.

Ce type est réalisé par une roche violacée constituant une brèche au mont Ankitsika. Elle a une cassure conchoïde et paraît peu cristalline ; au microscope, l'on ne constate que des microlites d'orthose et d'augite dans un fond isotrope, qui paraît être du verre, en partie transformé en analcime. L'analyse de cette roche est donnée en **339** (Boiteau) II.'6.2.3. Je n'ai trouvé dans toutes les roches dont l'analyse a été publiée qu'un seul exemple d'un type analogue, c'est celle de la roche de Porto Bello Peninsula (Dunedin, Nouvelle-Zélande), qui a été décrite par M. Marshall sous le nom d'*ulrichite* ou de tinguaïte camptonitique (analyse *a*) 'II.(5)6.(1)2.3' (Marshall, *Quaterl. J. of geol. Soc.*, t. LXII, 1906, p. 397).

	339	*a*
SiO^2	55,18	53,64
Al^2O^3	19,02	18,26
Fe^2O^3	0,11	4,66
FeO	3,18	2,72
MgO	1,08	1,53
CaO	8,83	3,70
Na^2O	4,68	5,51
K^2O	5,61	5,86
TiO^2	0,46	»
P^2O^5	0,24	0,12
H^2O +	1,32	3,73
—	0,36	
Cl	0,02	»
SO^3	0,05	»
	100,14	99,73

b. — Tahitites.

Plus intéressantes et moins rares sont les tahitites. Dans la montagne d'Ankitsika, se trouve, sous forme de gros filon ou de dôme, une roche d'un gris verdâtre renfermant de nombreux phénocristaux d'anorthose, aplatis suivant g^1

1 A. Lacroix, *C. Rendus*, t. CLXIV, 1917, p. 581.

(m, p, a^1, $a^{1/2}$), atteignant 2 centimètres ; ils sont accompagnés de beaucoup de rhombododécaèdres plus petits de *mélanite* (bruns en lames minces et très zonés), d'andésine zonée (macles de Carlsbad, de l'albite et de la péricline), de hornblende brune, d'augite violacée verdissant sur les bords, de cristaux de haüyne riches en inclusions ferrugineuses et enfin de sphène. Ces minéraux sont réunis par des microlites aplatis d'orthose, de néphéline, d'augite et de hornblende. La structure de cette pâte est extrêmement variable, tantôt elle est à éléments fins, tantôt elle devient microfoyaïtique, de telle sorte que la roche est alors une véritable microsyénite (*analyse* **340**).

Une roche analogue se rencontre au Bekotapo ; le feldspath alcalin y est plus fréquent et très gros, il semble même qu'il existe des roches qui ne contiennent pas de plagioclases. L'*analyse* **341** montre que cette roche établit un passage à la fois aux phondites et aux ordanchites.

Au mont Ambohibory, dans la région d'Amparihy, se trouve une roche analogue, verte, dont les phénocristaux d'anorthose, très nombreux, atteignent un centimètre de plus grande dimension. Il n'existe pas de mélanite et le pyroxène, presque incolore au centre des cristaux, est constitué sur les bords par une augite très foncée et polychroïque. La pâte microlitique, à grain très fin, ne renferme qu'une petite quantité d'aegyrine et d'augite aegyrinique poecilitique. A Belalona, une tahitite de même aspect a sa pâte noire, mais elle est fort altérée.

Une autre variété, également privée de grenat, se trouve entre Amparihy et Belalona. On y distingue à l'œil nu, dans une masse grise, une grande quantité de petites aiguilles de hornblende brune, se transformant en une amphibole d'un vert foncé, à deux axes rapprochés. Cette hornblende, associée à de l'augite titanifère, à de la haüyne, à du labrador, avec un peu de sphène et d'olivine, est distribuée dans une pâte à grands éléments d'orthose et de néphéline, avec fort peu d'augite. Il est à remarquer que la néphéline, en cristaux nets et tout à fait intacts, est moulée par de l'analcime que je considère par suite comme d'origine primaire (*analyse* **342**).

Au point de vue chimique, j'assimile les roches qui viennent d'être décrites à des laves à haüyne de la vallée de Papenoo (Tahiti), qui sont associées à des syénites néphéliniques. Ce sont ces dernières que j'ai prises pour type de la tahitite ; elles présentent la particularité d'être souvent extrêmement vitreuses et de n'avoir pas de feldspath exprimé ; contrairement à ce qui se passe pour les tahitites malgaches, la haüyne y est d'un bleu saphir intense.

Analyses : **340**) *Tahitite à mélanite*, mont Ankitsika (I)II.6.2.'4 (Boiteau) ;

341) Bekotapo I(II).6.'2.3(4).4 (M. Raoult); **342**) *Tahitite sans mélanite*, entre Amparihy et Belalona, II.6'.(1)2.4 (Pisani); *a*. *Tahitite*, Papenoo, II.6.'2.4 (Pisani).

	340	341	342	*a*
SiO^2	52,82	52,08	49,90	49,52
Al^2O^3	21,13	20,63	18,40	17,19
Fe^2O^3	2,41	3,42	2,99	2,08
FeO	2,74	2,28	3,58	5,15
MgO	1,09	0,21	3,34	2,12
CaO	5,00	4,32	6,35	8,40
Na^2O	7,22	8,61	6,69	7,15
K^2O	5,34	3,94	4,39	3,85
TiO^2	0,86	0,61	1,67	3,30
P^2O^5	0,36	0,15	0,08	0,28
H^2O +	0,63	2,47	2,40	0,50
—	0,13	0,29		
Cl	0,23	0,08	0,04	0,43
SO^3	0,39	»	»	0,13
	100,35	100,10[1]	99,83	100,10

1. Y compris CO^2 1,01.

CHAPITRE III

ROCHES A PLAGIOCLASES DOMINANTS

A. — ***Andésites, labradorites et basaltes.***

Les roches de ce groupe qui représentent les formes effusives des diorites et des gabbros, sont très abondantes à Madagascar sous la forme mésocrate, à facies basaltique ; par contre les types leucocrates paraissent rares, et cela est un des traits caractéristiques de la lithologie de la Colonie. Ce sont eux que je considérerai tout d'abord.

a. — **Andésites.**

α. **Doréites.** — Cf. l'*Appendice* pour l'étude de ces roches.

β. **Shoshonites quartzifères.** — Parmi les roches volcaniques de l'Ambohitrosy, se trouve une roche, à facies basaltique, assez singulière ; au microscope elle se montre hétérogène, formée par des microlites de labrador, bordés d'une zone acide et peut-être même par de l'orthose ; ces microlites sont associés à de petits grains d'augite et d'hypersthène. Çà et là, se voient des taches à peu près uniquement constituées par des microlites feldspathiques à extinctions longitudinales qui paraissent constituées par l'orthose ; enfin, ailleurs, apparaissent des concentrations granulitiques de quartz qui renferment en faible quantité des ponctuations de magnétite, distribuées uniformément dans tout le reste de la roche. Il est possible qu'il s'agisse là d'une brèche volcanique quartzifiée, je n'ai malheureusement eu à ma disposition qu'un petit fragment de cette roche recueillie par M. Giraud.

Au point de vue chimico-minéralogique, l'*analyse* **343** (M. Raoult) conduit aux paramètres 'III.(4)5.3.3, qui sont ceux d'une shoshonite, voisine de l'absarokite.

	343
SiO^2	50,36
Al^2O^3	13,31
Fe^2O^3	8,13
FeO	8,27
MgO	5,03
CaO	8,50
Na^2O	1,52
K^2O	2,09
TiO^2	2,35
P^2O^5	0,34
H^2O +	0,27
—	0,10
	100,27

γ. **Andésites à biotite ou hornblende.** — Je ne connais pas d'andésites leucocrates en place à Madagascar ; cependant, il doit en exister des coulées dans la partie Sud du massif de l'Ankaratra, dans la région du Famoizankova, car des blocs de ces roches ne sont pas rares dans le conglomérat d'Antsirabe. Ces andésites se présentent sous deux aspects. Les unes sont des laves très cristallines, grises, poreuses, riches en phénocristaux d'andésine (zonés d'oligoclase ou d'orthose), d'augite, de biotite résorbée, d'apatite (à inclusions ferrugineuses) ; ils sont englobés dans une pâte renfermant des microlites rectangulaires d'oligoclase et d'orthose, avec un peu de biotite, d'augite et de magnétite. Le plagioclase virtuel de cette roche renferme 27 pour 100 d'anorthite (*analyse* **344**).

Les autres sont des roches blanches, bulleuses, dont les cavités sont tapissées de limonite ; il existe quelques phénocristaux de labrador, de hornblende brune, en voie de résorption, dans une pâte microlitique fluidale, à grands microlites d'oligoclase-andésine. Malgré la richesse en potasse de la roche, il n'y a pas de feldspath alcalin exprimé. Le feldspath virtuel renferme 32 pour 100 d'anorthite (*analyse* **345**).

Voici l'analyse (M. Raoult) de ces deux types qui renferment une petite quantité de silice libre, virtuelle : **344**) type à biotite, II.5.2'.4 ; **345**) type à hornblende, II.'5.(2)3.(3)4. Je donne comme comparaison l'analyse *a* d'une *andésite* de La Chevade, près Murat (Cantal) qui présente une grande analogie avec ces roches, bien que son plagioclase soit un peu plus calcique. 'II.(4)5.3.'4 (analyse de M. Raoult).

	344	345	*a*
SiO^2	54,98	57,64	55,34
Al^2O^3	16,12	18,59	17,58
Fe^2O^3	3,41	4,83	4,90
FeO	4,57	0,77	2,41
MgO	1,99	0,71	1,33
CaO	7,68	5,42	6,86
Na^2O	4,57	4,59	3,72
K^2O	2,99	3,79	2,94
TiO^2	1,87	1,76	2,60
P^2O^5	0,28	0,39	0,39
H^2O +	1,32	1,05	1,32
—	0,23	0,76	0,69
	100,01	100,30	100,08

B. — *Andésites et labradorites augitiques, basaltes.*

Les andésites et les labradorites augitiques sont des laves de couleur foncée, généralement noires, magnétiques, qui présentent les mêmes caractères extérieurs et la même composition minéralogique qualitative essentielle : plagioclases, augite, minerais titanifères, parfois olivine. Elles se distinguent les unes des autres par la composition de leurs plagioclases. Le plagioclase moyen, qui sert à les diviser en *andésites* et en *labradorites*, renferme de 25 à 50 pour 100 d'anorthite dans les premières, de 50 à davantage dans les labradorites, la limite entre les deux types ayant été arbitrairement choisie.

Quand la proportion des éléments colorés dépasse 50 pour 100, je désigne la roche sous le nom de *basalte* (andésitique, labradorique) sans lier, comme on le fait généralement, cette définition à la présence de l'olivine.

Les types basaltiques les plus fréquents à Madagascar renferment de 40 à 60 pour 100 d'anorthite; ils se trouvent donc à la limite des séries andésitiques et labradoriques. S'il est aisé de les distinguer d'après une analyse chimique, le criterium basé sur une base purement minéralogique est assez fragile, par suite de la fréquence de phénocristaux de plagioclases plus basiques que les microlites et dont il est souvent difficile d'apprécier les proportions relatives; *a fortiori* cette distinction est-elle impossible dans les variétés peu cristallines. Aussi ne me semble-t-il pas opportun de disjoindre l'étude des divers termes de cette série.

Dans les massifs volcaniques récents à appareils conservés (Comores, Massif d'Ambre, Sud de l'Ankaratra [1], etc.), seuls sont apparents la surface scoriacée des coulées [2] et les matériaux de projection (scories, bombes, cendres), c'est-à-dire les portions du magma refroidies brusquement et présentant par suite une cristallinité minimum.

Mais dans les régions plus anciennes, qui ont été plus ou moins profondément érodées, telles que l'Ankaratra, aux ravins profonds et escarpés, le Bobaomby, en ruines, enfin les volcans crétacés décapés de l'Ouest, le massif volcanique de l'Androy, etc., les portions superficielles des coulées et les matériaux incohérents ont été plus ou moins complètement enlevés et les portions refroidies lentement des coulées, les filons, les intrusions, apparaissent avec toute une gamme de structures

1. Les volcans récents de Nosy Be, de l'Itasy sont constitués par des roches basaltiques qui seront décrites plus loin sous le nom de *basanitoïdes* ; mais tout ce qui vient d'être dit sur les basaltes, au point de vue physique, s'applique à ces mêmes roches.

2. Les laves du volcan de la Grande Comore ont été particulièrement fluides ; elles rappellent, à ce point de vue, celles de la Réunion. Les laves cordées, les tunnels de lave y sont fréquents (Nioumbadjou) ; des parois de ces tunnels pendent de belles stalactites basaltiques, auxquelles correspondent des stalagmites de même nature.

de plus en plus cristallines, trahissant, non pas des différences minéralogiques, mais des variations dans l'intensité de la cristallisation dues à des particularités physiques de la consolidation ; ce sont surtout ces différences de structure qui frappent les yeux non avertis.

Les laves récentes sont absolument intactes, sous la réserve toutefois de celles qui bordent les fumerolles du volcan actif de la Grande Comore et qui sont rongées par les fumerolles acides. Mais, dans les laves moins jeunes, l'altération a été plus ou moins profonde ; je veux dire l'altération qui a été contemporaine du refroidissement de la roche et aussi celle qui est due à l'action de l'atmosphère. Il en est résulté la formation de minéraux de nature variée, et notamment la production de zéolites, de calcite, de concrétions siliceuses se trouvant tantôt dans des roches d'apparence intacte (région de Vangaindrano), tantôt dans des roches plus ou moins décomposées (régions d'Antalaha ; Ankaratra ; région de l'Ouest, etc.). On a vu, décrites dans le tome I, ces zéolites que des minéraux cuprifères accompagnent dans quelques gisements (régions d'Antalaha, du lac Kinkony). Quand l'altération a été plus intense, comme dans certaines coulées du Nord-Ouest et de l'Ouest, la roche basaltique a été transformée en terre rouge, au milieu de laquelle abondent à l'état libre, sous forme de nodules, des concrétions siliceuses (calcédoine, quartz), longuement étudiées dans le tome I.

Tufs. — Les matériaux de projection, d'abord accumulés à l'orifice de sortie du volcan (Puys de la Montagne d'Ambre, de la région de Betafo, de l'Itasy, des Comores, etc.), sont, plus tard, entraînés par les eaux, puis cimentés par des produits d'altération ; ils forment ainsi des tufs de texture variée, qui se rencontrent dans tous les centres volcaniques, mais qui, sous le climat de Madagascar, sont rapidement altérés. Leur étude est presque toute entière à faire.

Enclaves homœogènes. — Dans les projections basaltiques (basaltes et basanitoïdes) d'un grand nombre de gisements, abondent les cristaux libres d'augite et de hornblende (mont Vohidronono près Antsirabe ; cratère d'Ampala près de l'Ambohitromby (Itasy) ; Anjouan par exemple), les enclaves homœogènes (nodules à olivine et nodules à hornblende ; lac Mahery, par exemple), ces dernières sont englobées aussi parfois dans les coulées (Anjouan, Nosy Be, etc.).

Enclaves énallogènes. — Enfin, d'une façon générale, dans tous les volcans se dressant sur le Massif cristallin, on voit, en grande quantité, des enclaves énallogènes du substratum granitique et gneissique dont les minéraux dissociés ont été entraînés par la lave des coulées. Ces enclaves sont particulièrement abondantes dans certains puys des massifs de l'Ankaratra (Tritriva, Iavoko, Vohimasina, Antsolifara, Vohidronono, Fandriandratsy près Vinoninony, etc.) et de l'Itasy. J'y ai

rencontré les principales particularités de fusion et de recristallisation des feldspaths, de fusion du quartz, avec précipitation d'augite à sa périphérie, que j'ai longuement décrites dans mon livre sur *Les Enclaves des roches volcaniques*; il ne me paraît pas utile d'insister longuement sur cette question, pour laquelle Madagascar m'a fourni des documents intéressants, mais ne présentant pas de faits nouveaux.

Je rappellerai en terminant que les cristaux de corindon, de zircon (Cf. tome I, page 237 et 255), rencontrés et même exploités (Ankaratra) dans les tufs basaltiques, sont des débris, non fondus et non digérés, de ces roches anciennes. Ils sont mélangés à d'autres minéraux : titanomagnétite (Nosy Mitsio, etc.), olivine, augite, etc. qui, eux, sont d'origine magmatique.

a. — Andésites et labradorites augitiques.

Je vais passer rapidement en revue les principales variétés structurales observées dans les andésites et les labradorites augitiques ; les tableaux d'analyses donnés plus loin permettront de préciser les caractéristiques chimiques de l'un et de l'autre de ces types.

α. **Formes doléritiques.** — Ces formes sont plus fréquemment réalisées peut-être dans ces roches que dans les véritables basaltes. Dans le plus grand nombre des roches que j'ai étudiées, le plagioclase virtuel est compris entre une andésine à 35 pour 100 d'anorthite et 55 pour 100.

Au point de vue de la structure, on trouve là le passage aux gabbros à facies diabasique; les types à structure ophitique franche ne sont pas rares, mais la structure intersertale est plus fréquente, avec résidu vitreux et souvent microlites de plagioclases acides plus ou moins palmés : l'augite, par suite, forme des grains et non pas des plages continues. Cette structure s'observe dans les filons, elle est caractéristique des coulées épaisses dont la cristallisation s'est effectuée après arrêt de l'épanchement, ce qui a permis l'enchevêtrement des feldspaths. Ces indications expliquent pourquoi c'est particulièrement dans les régions érodées que se trouve ce type de roche.

Comme exemple de filons, je citerai Fanekena sur la rive gauche du Morondava et surtout la région pétrolifère de l'Ouest et la portion de la région gréseuse bordant le Massif cristallin. Cette forme doléritique y accompagne les gabbros à structure diabasique décrits page 652 du tome II et en constitue une forme de refroidissement plus rapide.

Comme exemples de coulées épaisses, il faut noter le Plateau d'Ampasimena et son voisinage (chute de la Mahavavy à Zony; rivière Bebakoly; environs de

Bekiady, etc.); l'Ouest de Marohita, dans la région de Mananjary (Ambalagoavy), sur la Rienana ; la base occidentale de l'Andringitra (rivière Sahatana et Menarahaka) ; de nombreuses coulées dans l'Androy (Sud d'Ambatobe ; entre Imanombo et Betrandraka ; Sud d'Analamainty ; Sud de Tsivory ; Sud de Bezavay ; Ambongovingo ; Ambararata ; Est Anjandoaka ; entre Ifotaka et Vohimasy). Dans le Menabe, les environs d'Andranomilevina, sur la rivière Ombifotsy (entre le Manangoza et le Ranobe (*analyse* **365**, *passage à la sakalavite*) ; dans le Nord-Ouest le récif d'Antalaha, etc. ; dans l'Ankaratra, le pied méridional de l'Inanobe (*analyse* **346**).

Ces andésites et labradorites augitiques ainsi que les basaltes décrits plus loin, sont identiques, comme composition et comme structure, à celles que l'on observe fréquemment sur le bord des filons épais de gabbros à structure diabasique et dans les filons minces associés de la série ancienne ; aussi, dans bien des cas, ne m'a-t-il pas été possible, sur le simple examen d'échantillons privés d'indications géologiques, d'établir des distinctions entre ces roches anciennes et celles plus récentes nettement épanchées, d'autant plus que souvent l'état de conservation est le même. Cette difficulté est particulièrement aiguë pour l'interprétation des roches de la région forestière de la côte orientale, de celles de l'Androy et de ses alentours, où coexistent certainement des filons de gabbros diabasiques anciens et des roches épanchées post-liasiques.

Il est fort possible d'ailleurs que certains de ces filons anciens soient le remplissage de cheminées ayant fourni des épanchements. C'est là un des problèmes sur lesquels j'appelle l'attention de ceux qui feront de la géologie de détail dans ces régions. Voici en particulier quelques gisements du Massif cristallin qu'il serait intéressant de débrouiller à ce point de vue : mont Vohidahy, sur l'Andranoambo, à 4 kilomètres Nord-Est d'Ambalavao ; aval d'Ambalahady et Ampandrano, sur la Mania : 15 et 20 kilomètres Est de Fenoarivo (vallée du Zomandao) ; environs de Mantasoa, etc.

β. **Labradorites augitiques à labrador.** — Ces roches sont franchement microlitiques ; sur un fond noir, se détachent de gros cristaux de labrador ou d'andésine généralement zonés, maclés suivant la loi de l'albite et de Carlsbad ; ils sont distribués en grand nombre, dans une pâte microlitique, feldspathique et augitique, dont le feldspath est en général de l'andésine plus ou moins sodique. Les phénocristaux sont généralement aplatis suivant g^1 et, dans cette face, limités par les faces m et a^1. Dans les massifs volcaniques récents, ces phénocristaux sont vitreux ; tel est le cas dans l'Ankaratra pour les coulées d'Ambohibalo (*analyse* **351**) et du piton central d'Ambohimirandra, puis aussi dans certains gisements de la région de Farafangana, où ces cristaux atteignent 3 centimètres. Mais plus souvent aussi, et notamment dans quelques régions où parfois la roche est probablement

plus ancienne et altérée et a pris une couleur verdâtre, les grands cristaux de labrador, très abondants, apparaissent opaques, blancs ou verdâtres (Farafangana ; Sud-Est de Tsivory), ou d'un vert foncé (blocs à Ambaliha dans la baie d'Ampasindava), comme dans le « porphyre vert antique ». Généralement, cette coloration est accompagnée de production d'amphibole et d'épidote, de quartz secondaire (Farafangana).

Une autre variété est caractérisée par la tendance qu'ont le labrador et l'augite de la pâte à prendre la structure ophitique ; le minerai est de l'ilménite en lames aplaties : Vohitindry, sur rive droite de la Matitanana (cavités avec rosettes de delessite et zéolites) ; sur rivière Maroalika, affluent de droite de la Morondava et Fanekena, sur le même fleuve (dyke).

Des blocs recueillis dans le lit de la Befanintra, affluent de la Manampatra, près du mont Tsitongambalala, sont constitués par une labradorite noire dont les phénocristaux de labrador sont englobés ophitiquement [1] par des cristaux curieusement tordus d'augite ; la pâte est très cristalline et riche en grilles de magnétite, accompagnant des microlites de labrador et d'augite.

A citer encore un type très feldspathique, entre Antolongo et Mangindrano (*analyse* **349**) ; une variété dans laquelle les phénocristaux de plagioclase présentent la structure en cassette, provient des chutes de la Mahavavy, à Zony.

Dans un type, très riche en olivine, passant au basalte, de la vallée de la Beandry (Mahafaly), la différence de dimensions est faible entre les phénocristaux et les microlites feldspathiques (*analyse* **354**).

A Karianga, sur la rive droite de la Rienana, se trouve une variété de labradorite à grands cristaux verdâtres de labrador distribués dans une pâte holocristalline de labrador, de hornblende brune automorphe, avec biotite chloritisée, un peu d'augite, de magnétite, et beaucoup de produits secondaires (épidote et quartz) (*analyse* **350**) ; ce doit être là une roche filonienne, à rapporter peut-être à la série des gabbros diabasiques ; je n'ai pas de renseignements géologiques sur elle ; je l'ai étudiée déjà, tome II, page 414.

Enfin, je dois signaler au mont Manakanala (Sud d'Ambohitsara), sur l'Ankingafohy une labradorite à labrador renfermant des phénocristaux de hornblende de deux centimètres de longueur (*analyse* **353**).

γ. **Andésites et labradorites augitiques compactes.** — Les variétés compactes de labradorites et d'andésites augitiques, à structure microlitique, dépourvues de phénocristaux macroscopiques et présentant seulement quelques phénocristaux

1. Cet ophitisme des phénocristaux rappelle celui du basalte du Mont-Dore dit « demi-deuil ».

macroscopiques de plagioclases, d'augite et d'olivine, sont fréquentes, mais ne présentent pas de particularités dignes d'être notées.

Je citerai dans l'Ankaratra : Ambohimahavavy ; le plateau au Nord de Ramainandro ; le plateau au Sud du Tsiafakalika ; l'Ouest des marais de Vinaninony ; Ambodinampahitra (*analyse* **352**) ; pour les labradorites, et, pour les andésites, Taniankatsaka (*analyse* **348**) et Soanindrarina, au voisinage du Vontovorona (un peu d'olivine) (*analyse* **347**).

b. — **Basaltes.**

Les analyses données plus loin font voir que les basaltes malgaches, eux aussi, sont à la limite de la série andésitique et de la série labradorique ; c'est là une particularité commune avec la plupart des gabbros de l'île. Le plus souvent leur plagioclase virtuel oscille entre 44 et 60 pour 100 d'anorthite[1].

Au point de vue minéralogique, on peut distinguer des types renfermant une petite quantité d'olivine et d'autres n'en contenant pas ; la discussion de la composition chimique de ces roches fait voir que cette particularité n'est pas sous la dépendance de la composition chimique seule ; un très grand nombre de ces basaltes renferment en effet de la silice libre, dissimulée. On a vu page 15 que j'appelle *sakalavites*, ceux qui en renferment une quantité suffisante pour que leur second paramètre soit 4.

La production d'un orthosilicate dans un magma renfermant de la silice libre est connue depuis longtemps. J'ai montré en particulier qu'il existe des phénocristaux d'olivine dans les laves (*dacitoïdes*) de la Montagne Pelée[2] contenant 20 pour 100 de silice non combinée. L'interprétation de ce fait, d'apparence paradoxale, comme aussi celle des phénomènes de résorption si fréquemment observés dans l'olivine des roches volcaniques, est fournie par les expériences de M. N.-L. Bowen et O. Andersen[3]. En cherchant à déterminer le point de fusion du $MgSiO^3$, ils ont constaté que du verre de celui-ci cristallise, au-dessous de 1 577° C., de la forstérite qui se trouve ainsi plongée dans un verre de silice. Par refroidissement progressif, la forstérite est peu à peu corrodée et se transforme en clino-enstatite : ces conclusions doivent être étendues à l'olivine.

Je vais passer en revue rapidement les divers types structuraux observés, en donnant, pour chacun d'entre eux, quelques exemples empruntés aux nombreux gisements dont l'énumération a été donnée dans le tome I.

1. Ces basaltes, notamment ceux de la région sédimentaire, sont souvent imprégnés de calcite secondaire.
2. *La montagne Pelée et ses éruptions*, Paris, 1904, p. 504.
3. The binary system MgO — SiO^2, *Amer. J. of. Sc.*, t. XXXVII, 1914, p. 487. Cf. aussi : N.-L. Bowen. The ternary system : Diopsid-Forsterit-Silica. *Ibid.*, t. XXXVIII, 1914, p. 207.

α. **Basaltes compacts.** — Ce type est constitué par des roches noires, compactes, dans lesquelles on ne voit, à l'œil nu, que peu ou pas de phénocristaux. Au point de vue de la structure, l'examen microscopique permet de distinguer le cas où la pâte est franchement microlitique, avec parfois disposition fluidale, et celui dans lequel le pyroxène, au lieu de former de petits grains ou de petits microlites, s'isole sous forme de plages ophitiques, sans que le grain soit assez gros pour que la roche puisse être qualifiée de doléritique.

Voici quelques exemples de ces roches micro-ophitiques. Dans l'Ankaratra : Kirioka (Nord-Est du massif); environs d'Ambohibory (Est de Manalalondo) (roche fissile); Nord de Ramainandro, passage d'Andrefan'i-Marirana (sous Antanety); Mandazotanora (Vinaninony); route de Tananarive à Antsirabe, kilomètres : 71,17 ; 100,35 ; 103,15. Région de Betafo (Ambohimanjaka, Ambohijaky); 11 kilomètres Sud d'Antsirabe; coulée en bas de la falaise du Mandray. On les observe aussi fréquemment sur le plateau d'Ampasimena (passage au basalte doléritique).

Quant au type franchement microlitique, c'est le plus fréquent dans l'île ainsi qu'aux Comores.

Comme exemple de *sakalavites*, je citerai une grande partie des basaltes crétacés (sans olivine ou pauvre en olivine) de la région de Port Bergé (*analyse* **369**), du Plateau d'Antanimena (Maroala) (*analyse* **362**), du mont Analavelona (*analyse* **368**), des bassins du Fiherena (rivière Vineta), de l'Onilahy (Analalava, Ifanato, Ouest de Tongobory) et de ses affluents, la Sakondry [Tanilehy]. Ces roches renferment souvent du verre brunâtre intact (Analalava sur l'Onilahy) ou hydraté et transformé en produits cryptocristallins biréfringents (rivière Vineta) ; l'olivine microlitique, semblable à celle des andésites de la chaîne des Puys en Auvergne, n'est pas rare (Ifanato). Elles sont généralement à grain fin; quand le grain devient plus gros, l'augite a une tendance à prendre une structure ophitique. A signaler encore le même type dans l'Androy : au Sud et au Nord-Ouest d'Analamainty (*analyse* **366**); entre Imanombo et Betrandraka; sur l'Andrantina; à Ilalaka. Il existe aussi à l'Est du mont Vatovavy, etc.

Une sakalavite à très petits cristaux de labrador et d'augite, avec fort peu d'olivine transformée en bowlingite, se trouve à Andranomalaza, sur la rive orientale du lac Alaotra (*analyse* **364**) et au mont Namakia. Les phénocristaux d'augite et parfois (Andranomalaza) ceux de labrador sont curieusement tordus et les premiers présentent des extinctions roulantes des plus singulières.

Enfin de véritables basaltes, pauvres en olivine ou n'en renfermant pas, sont fréquents à la Grande Comore [Badjini : Tsinimoichango, Kourani ; Bambao; Moroni ; Oussivo : région d'Itsandra ; cratère du Karthala (lave de 1860)].



Fig. 1.



Fig. 2.

Le cratère de Tritriva et sa coulée basaltique (fig. 1). — Le puy de l'Iantsifotra et sa cheire basaltique (fig. 2).

Très nombreux sont à Madagascar les basaltes renfermant de l'olivine en petits phénocristaux ; il semble que ce soit là un des types les plus fréquents dans l'île. En voici quelques exemples, choisis dans le massif de l'Ankaratra : Ambatovorona ; mont Fandriandratsy et Vinaninony ; 3 heures Nord-Ouest Mananalondo ; Andavabato sur le chemin de Manantsoa ; route de Tananarive 1 kilomètre Sud à gauche du kilomètre 73 ; piton de Nadoha (massif des Vavavato) et Sud-Est de Belamosina ; mont Vohimalaza ($5^{km},5$ au Sud de Betafo) ; Sud du mont Antsampandrano (près rivière Amborompotsy) ; Ambohimahery et mont Antsimiarivo (vallée de la Sahatsiho) ; Mahatsinjo entre la Sahatsiho et Sahalomby ; mont Ambohitromby (ou Ambohitsoa) à l'Est de la route d'Antsirabe à Tananarive ; mont Ampataka à l'Ouest de la même route ; Nord de Befaritra ($2^{km},5$ Ouest Ambohimadinika) ; mont Tsaramanga (rive gauche de la Ranomandry).

Parfois, dans ce type de basalte, il existe des microlites de deux dimensions différentes : dans l'Ankaratra : Nord-Ouest d'Inanobe ; sous Antanety (près Manalondo) ; chute du Kitsamby près Ramainandro ; Sud d'Antsirabe, à l'est du kilomètre 170 ; dans l'Ambongo, entre Sitampiky et Beseva (*analyse* **374**).

Ce type existe aussi aux Comores [Bambao, Mitsondji (Grande Comore)].

Enfin ces phénocristaux d'olivine sont quelquefois accompagnés de phénocristaux microscopiques d'augite de moindres dimensions. Dans l'Ankaratra : une heure au Nord-Ouest de Manalalondo ; plateau d'avaratra'Marovitsika ; ruisseau Andriamamovoka (Ouest Antsirabe) ; près Maritampona (bord Nord du marais de Vinaninony) ; route de Tananarive à Antsirabe, kilomètre 88,76 ; Tritriva ; Ouest de Soavinarivo ; Grande Comore (Dembeni), etc.

Quand la proportion d'olivine devient très grande, cela correspond généralement d'une part à une augmentation du fer et de la magnésie et d'une autre à une diminution de la silice, aussi la roche passe-t-elle fréquemment aux *basanites* ou aux *basanitoïdes*, décrites plus loin, sans que la néphéline virtuelle mise en évidence par le calcul soit jamais exprimée. Parmi les analyses données ci-contre, on trouvera celles de trois roches de ce genre, provenant des bords de la Katsaoka, au Sud-Ouest de Tananarive (*analyse* **378**), d'Ambodivohitra, au Sud-Ouest de Bealanana (*analyse* **379**) et du pays Mafahaly, entre Satrapotsy et la Manakaralahy (belle structure ophitique) (*analyse* **377**) ; le même type se trouve à Belio au Sud-Ouest de Bekily.

Les détails qui viennent d'être donnés montrent que, sauf ce qui concerne la fréquence de la silice libre virtuelle, les basaltes compacts malgaches sont de type assez banal. On doit remarquer la grande rareté du pyroxène rhombique qui est si fréquent dans les gabbros de la série ancienne, dont la composition est cependant semblable ; je reviendrai plus loin sur cette différence.

Une exception doit être faite pour une roche qui n'a malheureusement pas été vue en place et que j'ai trouvée dans une série d'échantillons recueillis par Rouquette dans la Haute Sofia, au Sud de Makobo (Sud d'Antsakabary). L'examen microscopique y montre des phénocristaux d'enstatite, d'olivine à formes nettes, disséminés dans une pâte microlitique de structure singulière. On y distingue d'abord de petits microlites cristallitiques d'olivine, allongés suivant c et limités, dans la zone verticale, par g^3, comme les microlites des laves de la Chaîne des Puys en Auvergne. Ces microlites sont enchâssés dans un feutrage de cristaux palmés et branchus de pyroxène, offrant une certaine analogie avec les chondres des météorites. Ils sont mélangés à des groupements, également cristallitiques, de magnétite : il existe du verre incolore. Le pyroxène est une augite peu biréfringente, magnésienne, qui est à rapprocher de celle associée dans les météorites à l'enstatite et à la clino-enstatite. Comme dans ces roches, il forme fréquemment une fine bordure, une sorte de vernis, à l'enstatite sur laquelle il est géométriquement orienté. Ce basalte ne renferme pas trace de feldspath exprimé, bien que la proportion de feldspath virtuel soit de 38 pour 100.

Au point de vue minéralogique, cette roche rappelle celle des îles Bonin (Japon), décrite sous le nom de *boninite*. Quelques préparations que j'en ai pu examiner, grâce à l'obligeance de M. Kozu, confirment cette analogie, sauf que la boninite, moins mésocrate, présente une structure microlitique normale ; malheureusement l'analyse qui en a été donnée est trop imparfaite pour qu'il soit possible de serrer la question de plus près.

L'*analyse* **361** de la roche de Makobo est destinée à remplacer celle que j'ai publiée antérieurement [158] et qui présente quelques imperfections.

β. **Basaltes doléritiques.** — Les particularités signalées plus haut dans les labradorites doléritiques se retrouvent ici.

Les types à silice libre virtuelle sont fréquents. Comme exemples, je signalerai : Antsirana (basalte, *analyse* **355**) ; sakalavite : Ambalavato (Chaîne des Vavavato) ; pont de la Manandona au Sud d'Antsirabe.

Par contre, il est des types plus basiques de basalte doléritique dans lesquels il existe une grande quantité d'olivine : Belomotra sur le Mananjeby au voisinage du griffon de la source thermale. Dans les calcaires cristallins d'Anosivolo(rive gauche de la Manambovona), se trouve une intrusion (ancienne ?) d'un basalte très riche en olivine, remarquablement frais ; les feldspaths enchevêtrés sont enveloppés ophitiquement, non par de grandes plages, mais par de grands cristaux cristallitiques d'augite.

Une variété de basaltes doléritiques tend à prendre une structure porphyrique par suite de la présence de phénocristaux ou de microlites de plagioclases de deux

dimensions différentes. Ce type est réalisé dans l'Ankaratra ; Sud d'Ankaranana (Nord-Est du lac Vinaninony) ; mont Mangabe [Nord-Est du mont Fandriandratsy (plagioclases zonés)] ; Antanimandeha, près Belazao (région de Betafo). Tsiandava sur le Morondava [les plages ophitiques d'augite sont fort grandes ; elles sont réunies par des portions presque exclusivement feldspathiques (*analyse* 372)].

Des sakalavites doléritiques passant à des formes diabasiques avec un peu d'olivine exprimée, forment des coulées épaisses sur la côte Sud-Est [Farafangana à Vangaindrano (rivière Sahalava, *analyse* 363)]. Ces basaltes renferment beaucoup de zéolites et de nodules siliceux. A citer encore, dans l'Androy, Tranomaro (passage à une forme diabasique) (*analyse* 360).

Les coulées intercalées dans le Crétacé moyen du versant occidental de l'Ankarafantsika (Nord-Est de Marovoay) sont constituées par une sakalavite doléritique, à structure ophitique (*analyse* 356), qui renferme de nombreuses taches de verre brun rouge, devenant jaune d'or en lames minces ; celui-ci joue le même rôle que l'augite, c'est-à-dire qu'il moule les feldspaths ; cette roche doléritique, dont la haute cristallinité jure avec la présence de ces nodules de verre facilement visibles à l'œil nu, est comparable, à ce point de vue, à certaines leucittéphrites doléritiques[1] rejetées par l'éruption de 1906 au Vésuve. La teneur élevée en silice libre de cette roche est certainement due à la présence de ce verre.

γ. **Basaltes à plagioclases.** — Il existe à Madagascar quelques basaltes riches en phénocristaux de plagioclases qui représentent la forme mésocrate des labradorites à labrador décrites plus haut, mais les phénocristaux n'atteignent pas des dimensions aussi grandes que dans certaines de ces dernières.

Dans l'Ankaratra, ce type est localisé aux alentours du Tsiafajavona ; les beaux phénocristaux de bytownite non zonés sont très abondants. Ils sont distribués dans une pâte finement microlitique avec des cristaux plus petits d'olivine fréquemment transformés en bowlingite ; 3 kilomètres Est-Nord-Est du Tsiafajavona et petit col au Sud du sommet de l'Ambohimirandrana ; descente du Tsiafajavona par Ambohibalo. A l'Est-Sud-Est du sommet du Tsiafajavona, se trouve une roche du même genre, mais dont la pâte microlitique est à très grands éléments et riche en augite violacée ; il existe moins d'olivine que dans la roche précédente. Par contre, sur les contreforts Sud-Est du Tsiafajavona, une autre variété renferme autant de phénocristaux d'olivine que d'augite. Ces derniers englobent ophitique-

1. A. Lacroix. Étude minéralogique des produits silicatés de l'éruption du Vésuve (Avril 1906). Conséquences à en tirer au point de vue général. *Nouv. Arch. Muséum*, t IX, 1907, p. 43. Ce verre a une composition chimique très différente de celle du reste de la roche, il ne constitue donc pas une forme vitreuse de celle-ci ; c'est un résidu de cristallisation. Il en est certainement de même pour le verre de l'Ankarafantsika, mais il est trop hydraté, par voie secondaire, pour qu'il m'ait paru opportun de le faire analyser.

ment de gros microlites de plagioclases ; j'ai recueilli des blocs nombreux de cette roche dans la haute vallée de la Manalalondo en amont d'Antanifotsy (*analyse* **373**); ils proviennent des contreforts occidentaux du Tsiafajavona. Ces basaltes à plagioclases sont parfois vacuolaires; j'ai recueilli sur le flanc oriental du massif des échantillons dont toutes les bulles sont tapissées de beaux cristaux de chabasie.

Le même type se rencontre à 400 mètres d'Andapa, sur l'Amborompotsy. Les plagioclases, distribués dans une pâte brunâtre, sont beaucoup plus nombreux ; ils sont très zonés et appartiennent en moyenne à l'andésine basique.

A Antanankarena sur la Rienana (intrusions dans le gneiss) se rencontre un basalte de ce genre (basalte ancien passant à un type diabasique); les microlites augitiques sont en voie d'ouralitisation ; sa pâte est holocristalline, alors que dans le voisinage, des filons d'apparence analogue, traversant le gneiss, sont très riches en verre, en cristallites de magnétite ; c'est là très certainement une forme de refroidissement brusque du même magma (*analyse* **370**). Un basalte minéralogiquement analogue, mais certainement d'âge post-crétacé, forme d'épaisses coulées à Tsararano, à l'Est d'Antsenavolo.

J'ai rencontré un basalte riche en phénocristaux de plagioclase à Pomoni (Anjouan). De très beaux exemples de ce type basaltique se trouvent à la Réunion (Etang Salé) (*analyse b*) ; les phénocristaux de feldspaths (bytownite) sont très abondants et très apparents.

δ. **Basaltes porphyriques à augite.** — Cette variété plus mésocrate que les précédentes est caractérisée par l'abondance de phénocristaux nets d'augite atteignant un centimètre; ils sont accompagnés de cristaux d'olivine de plus petite taille; c'est l'équivalent du type moyen de basalte « dit porphyroïde » du Massif central de la France.

A signaler les gisements suivants dans le Nord-Ouest de l'île ; Ambodivohitra au passage du Maevarano (Sud de Bealanana); Ankerana (au Sud de l'Andranomalaza (*analyse* **375**); puis, dans le massif de l'Ankaratra, le kilomètre 61 de la route de Tananarive à Miarinarivo ; le mont Antsampandrano (près rivière Amborompotsy) (phénocristaux de hornblende résorbée). Ce type établit le passage à l'ankaramite.

c. — Composition chimique des andésites et labradorites augitiques et des basaltes[1].

Dans les tableaux qui suivent, j'ai donné quelques termes de comparaison empruntés à des gisements français, mais il ne m'a pas paru utile de les multiplier pour des types lithologiques aussi communs.

1. De nombreuses autres analyses de sakalavites et de basaltes sont données plus loin dans l'étude particulière des caractéristiques des divers centres volcaniques.

Andésites et labradorites augitiques.

Andésites augitiques. — **346**) Pied Sud Inanobe (*doléritique*) II(III).5.3'.4 [2(3).2(3).'2.3]; **347**) Soanindrarina (*compacte*), II(III).5.3.4[2.'3.2.2]; **348**) Taniankatsaka (*compacte*), II.5.3.(2)3.4 : *a*) les Avirons (Réunion) (*ophitique*) II'.5.3.4. ; A. Puy de Côme (Puy-de-Dôme) II.5.'3.4 ; B. Brus (Espaly, Haute-Loire) II'.5.3.4.[(1 à 3 et *a*) Boiteau ; A. Pisani ; B. M. Raoult].

	346	347	348	*a*	A	B
SiO^2.	46,38	47,22	51,38	48,63	52,20	48,24
Al^2O^3..	16,49	15,21	16,07	17,01	17,57	16,05
Fe^2O^3..	3,29	3,99	3,93	2,92	1,81	4,86
FeO.	8,83	6,55	6,19	8,85	7,20	5,01
MgO.	5,39	7,37	4,98	3,87	3,68	4,07
CaO.	8,97	8,49	6,34	7,90	7,76	9,12
Na^2O., ...	2,81	3,29	4,60	3,98	4,86	3,86
K^2O.	2,01	2,18	2,20	1,76	1,90	2,26
TiO^2.	3,77	2,60	2,83	4,02	2,08	2,58
P^2O^5..	0,75	0,41	0,78	0,77	0,58	0,63
H^2O +.. . . .	0,80	1,88	0,69 }	0,22	0,40	1,53
—..	0,33	0,56	0,22 }			0,49
	99,82	99,75	100,21	99,93	100,04	99,98 [1]
An %.	42	36	25	34		37

Labradorites augitiques (1 et 2 *à grands cristaux de labrador*). — **349**) Entre Antolongo et Mangindrano, II'.5.(3)4.4 ; **350**) Karianga, II.5.4.4 ; **351**) *Labradorite*, Sud Ambohibalo, II.5.3.4 ; **352**) Ambodinampahitra (*compacte*), II.5.3.4 ; **353**) Manakanala (*à hornblende*), II(III).5.5'.4['2.3.2.'3]; **354**) Haute vallée de la Beandry (*à olivine*), II'.5.3'.4 [2.(3)4.2.3] (**351** à **353**, Boiteau ; **349** et **354**, M. Raoult)

	349	350	351	352	353	354
SiO^2.	46,96	48,29	48,76	46,62	47,04	45,18
Al^2O^3..	17,75	19,38	19,57	19,02	17,70	17,92
Fe^2O^3.	3,11	3,49	4,23	5,36	2,59	3,53
FeO.	6,05	5,22	4,69	5,12	7,56	10,06
MgO.	3,81	4,19	3,06	3,66	5,53	5,00
CaO.	10,32	10,13	7,70	8,68	9,90	8,62
Na^2O.	2,83	3,08	3,95	3,78	3,05	3,62
K^2O.	1,41	1,08	2,69	2,08	1,89	1,27
TiO^2.	4,03	2,00	2,36	2,70	2,71	2,23
P^2O^5..	0,91	0,80	0,15	0,22	0,50	0,36
H^2O +.	2,89	1,48	1,75	1,55	1,02	1,76
—.	»	0,48	0,78	0,85	0,17	0,19
	100,07	99,62	99,69	99,64	99,95 [2]	100,11 [3]
An %.	56	57	51	53	54	53

1. Y compris CO^2 1,28.
2. Y compris CO^2 0,29.
3. Y compris CO^2 0,37.

Basaltes et sakalavites andésitiques. — **355**) Antsirana (doléritique ; un peu d'olivine), III.5.3'.4[2,1.2.(2)(3)] ; **356**) Ouest Ankarafantsika (sans olivine), III.4'.3.(4)5 [2.1.2'.2'] ; **357**) Karthala (éruption de 1918)[1], III.5'.'3.4[2.(1).2.2 (3).3] ; **358**) Ouest Tritriva, III.5.3'.4[2.2(3).(1)2.(1)2] ; A. Puy de Barme (Puy-de-Dôme), 'III.5.3.4[2(3).1'.2'.'4] ; B. Maillargues (très riche en olivine)[2], III.5.3.'4[2.1(2).2.2] ; C. Seriers (Cantal) (doléritique), II.5.3.4[2.2'.2.2'] ; D. Gravenoire (Puy-de-Dôme), 'III.5.3.4[2.2(3).2'.3] ; (M. Raoult, sauf **384**, M. Duparc).

	355	356	357	358	A	B	C	D
SiO^2	49,38	47,66	48,76	47,81	48,36	51,10	48,30	47,24
Al^2O^3	12,59	9,65	12,31	13,94	14,35	12,51	12,86	15,80
Fe^2O^3	4,97	6,44	2,54	3,26	6,46	3,14	2,86	2,29
FeO	8,09	7,05	10,58	8,35	5,62	6,82	8,65	8,48
MgO	7,34	6,91	5,43	9,52	5,22	9,78	8,90	6,48
CaO	11,62	12,38	12,32	8,73	10,28	8,20	10,30	10,50
Na^2O	2,59	2,28	3,44	2,97	3,13	2,70	3,31	3,09
K^2O	0,88	0,40	1,27	0,87	1,87	2,11	1,26	1,80
TiO^2	1,98	2,99	3,16	2,07	3,72	2,80	3,20	3,60
P^2O^5	0,24	0,29	0,39	0,67	0,66	0,42	0,27	0,61
H^2O +	0,31	2,95	0,11	2,16	0,52	0,11	0,29	0,33
—	0,09	1,22	»		»	0,52	0,13	0,05
	100,08	100,22	100,31	100,60[3]	100,19	100,21	100,33	100,27
	48	43	39	46	46	41	40	42

Basaltes et sakalavites labradoriques. — **359**) Sud Farafangana, III.(4)5.3'.(4)5 [2.1.2.3] ; **360**) Tranomaro (doléritique), 'III.4(5).3'.4[2.1.2.3] ; **361**) Sud Makobo (hypersthène), III(IV).5.3'.4[(1)2.1.2.2'] ; **362**) Maroala (plateau d'Antanimena), 'III.(4)5.3(4).4(5)[2.1.'2.3] ; **363**) Rivière Sahalava, Sud Vangaindrano (doléritique), III.4(5).3(4).4(5)[2(3).1.2.1(2)] ; **364**) Andranomalaza (Alaotra), III.(4) 5.(3)(4).4'[2.1.2.3] (1 à 3 et 5, M. Raoult ; 4, Boiteau).

1. La cendre des explosions vulcaniennes produites dans le cratère du Karthala et qui provient de la pulvérisation de matériaux anciens du cratère, a la composition suivante : SiO^2 43,22 ; Al^2O^3 11,41 ; Fe^2O^3 7,66 ; FeO 5,27 ; MgO 5,63 ; CaO 11,64 ; Na^2O 2,51 ; K^2O 1,38 ; TiO^2 3,19 ; P^2O^5 0,75 ; H^2O + 2,82 ; H^2O — 2,71 ; CO^2 1,95 = 100,14. On voit donc que, pour être très analogue à la composition de la lave, qui, à la même époque, s'écoulait par les bouches inférieures du volcan, cette roche n'est pas identique ; elle est plus hydratée, renferme de l'acide carbonique ; son fer est peroxydé, enfin elle contient une proportion moindre de silice.

2. Le calcul donne 4 pour 100 d'olivine, 34 pour 100 d'hypersthène, alors que la roche renferme effectivement beaucoup d'olivine et pas d'hypersthène ; le verre de ce basalte renferme donc un grand excès de silice.

3. Y compris MnO 0,25.

	359	360	361	362	363	364
SiO^2	50,02	50,58	49,72	50,44	48,32	49,08
Al^2O^3	12,18	12,42	9,84	13,94	12,08	11,82
Fe^2O^3	5,36	4,24	2,41	3,49	4,10	4,46
FeO	7,64	8,66	8,87	9,72	10,38	10,81
MgO	5,41	4,38	9,83	3,96	4,28	5,12
CaO	10,42	9,92	10,28	8,88	10,16	10,82
Na^2O	2,77	2,61	2,01	2,88	2,49	2,21
K^2O	0,57	0,99	0,88	0,58	0,61	0,76
TiO^2	2,00	3,21	2,69	3,46	4,82	4,06
P^2O^5	0,48	0,73	0,11	0,23	0,41	0,29
H^2O +	2,26	2,11	3,09	1,34	1,48	0,39
—	1,22	0,41	0,34	0,95	1,09	0,19
	100,33	100,26	100,07	99,87	100,22	100,01
An %.	44	46	47	49	49	52

Basaltes et sakalavites labradoriques. — **365**) Andranomilevina, sur l'Ombifotsy, II(III).'5.3'.4[2(3).1.'2.2(3)] ; **366**) Nord-Ouest Analamainty, 'III.4'.3(4).3(4) [3.1.2.3] ; **367**) Tanilehy, 'III.'5.4.4[2.1.'2.'3] ; **368**) Mont Analavelona, 'III.4'.3 (4).4[2.1.2.3] ; **369**) région de Port Bergé, III.4'.(3)4.(4)(5)[2.1.2.3] : (6 à 10, Boiteau).

	365	366	367	368	369
SiO^2	52,05	50,02	49,95	49,22	50,74
Al^2O^3	13,61	12,80	15,52	11,40	12,89
Fe^2O^3	5,22	4,76	3,88	3,88	5,97
FeO	6,54	8,60	9,91	9,88	7,49
MgO	5,23	4,09	5,42	5,54	4,74
CaO	9,57	8,66	9,53	10,18	9,42
Na^2O	2,54	1,88	2,01	2,19	2,48
K^2O	1,28	1,78	1,22	0,54	1,04
TiO^2	1,77	3,31	1,53	4,26	1,71
P^2O^5	0,33	0,48	0,48	0,22	0,19
H^2O +	1,83	2,16	0,53	1,59	1,96
—	0,16	1,69	0,36	1,37	1,26
	100,13	100,23	100,34	100,27	100,16[1]
An.	51	56	64	52	51

Basaltes sans péridot. — **370**) Antanankarena (à labrador et augite), III.5.3'.4[2.1.2.3'] ; **371**) 15 kilomètres Sud lac Kinkony, III.5.'4.4'[2.1.2.2(3)] ; **372**) Tsiandava sur le Morondava, III.5.'4.4'[2.1.2.2(3)] (1 à 3 M. Raoult).

Basaltes un peu péridotiques, — **373**) Antanifotsy (*porphyrique à plagioclase*), III.5.4.4[2.2.2.2] ; **374**) entre Beseva et Sitampiky (Ambongo), 'III.5.(3)4.'4 [2'.2.2.(2)3] ; **375**) Ankerana (porphyrique à augite), III.5.'4.3(4)[2.2.2.2] ; **376**) Oussivo, Grande Comore (vitreux), III,5.3'.4['2.2.2.3].

1. Y compris Cl 0,14 ; CO^2 0,27.

Basalte porphyrique à anorthite. — *b*, Etang Salé (Réunion), II(III).5.4.4[2.2.2.3]. (4 à 6 et 8, Boiteau ; 7, M. Raoult).

	370	371	372	373	374	375	376	*b*
SiO^2. . .	49,08	47,88	47,02	43,09	47,06	44,08	47,36	46,27
Al^2O^3. . .	14,61	13,53	14,94	16,46	15,03	13,12	12,50	18,43
Fe^2O^3. . .	4,03	6,19	4,95	4,59	2,46	3,50	2,26	3,98
FeO. . .	8,11	6,90	8,66	6,18	8,65	6,68	10,51	8,22
MgO. . .	6,22	6,58	4,76	8,34	7,27	8,90	7,05	3,75
CaO. . .	9,48	10,22	11,66	12,87	9,88	14,05	13,24	12,33
Na^2O. . .	2,85	2,24	2,96	1,36	2,38	1,57	2,25	2,58
K^2O. . .	1,39	0,73	0,63	0,82	1,28	1,56	1,37	0,96
TiO^2. . .	2,82	2,09	2,17	3,31	2,25	2,12	2,87	2,98
P^2O^5. . .	0,33	0,29	0,44	0,39	0,34	0,36	0,44	0,33
H^2O + . .	0,84	2,41	2,08	1,47	2,12	1,86	0,18	»
— . .	0,13	0,97	0,13	1,04	1,07	0,52	0,09	»
	100,12[1]	100,03	100,40	99,92	99,79	100,19[2]	100,12	99,85
	50	56	50	74	57	63	57	57

Basaltes riches en péridot. — **377**) Entre Satrapotsy et Manakaralahy, III.5'.3(4).'5[2.2(3).2.(2)3] ; **378**) Katsaoka, III.5(6).(3)4.4[2.(2)3.2.2(3)] ; **379**) Ambodivohitra (Sud-Ouest Bealanana), III.5(6).4.4[2.2(3).2.2(3)], A. Puy de Banson (Puy-de-Dôme), 'III.5.3'.4[2'.3.2.'3] (1 et A M. Raoult, 2 et 3 Boiteau). Beaucoup de ces basaltes renferment de la néphéline virtuelle, ils passent aux basanitoïdes.

	377	378	379	A
SiO^2.	46,58	43,39	42,54	44,68
Al^2O^3.	16,08	13,86	14,37	15,02
Fe^2O^3.	3,63	2,71	3,13	4,88
FeO.	8,65	9,54	9,07	7,44
MgO.	7,66	9,82	9,12	5,97
CaO.	11,36	11,98	12,42	11,54
Na^2O.	2,38	2,23	2,06	2,71
K^2O.	0,51	1,14	1,06	1,69
TiO^2.	1,79	3,42	3,31	2,62
P^2O^5.	0,37	0,58	0,50	0,51
H^2O +.	1,07	1,55	2,15	1,97
—.	0,07	0,20	0,34	0,22
CO^2.	0,13	»	0,14	0,94
	100,28	100,42	100,21	100,19
An %.	56	71	75	50

d. — **Ankaramites et océanites.**

Ces roches sont des formes très mélanocrates de la famille des basaltes ; leur forme grenue correspond à des pyroxénolites, à des hornblendites, ou à des péridotites, aussi me paraît-il utile de les désigner sous des noms spéciaux.

1. Y compris Cl 0,12, CO^2 0,11.
2. Y compris CO^2 1,87.

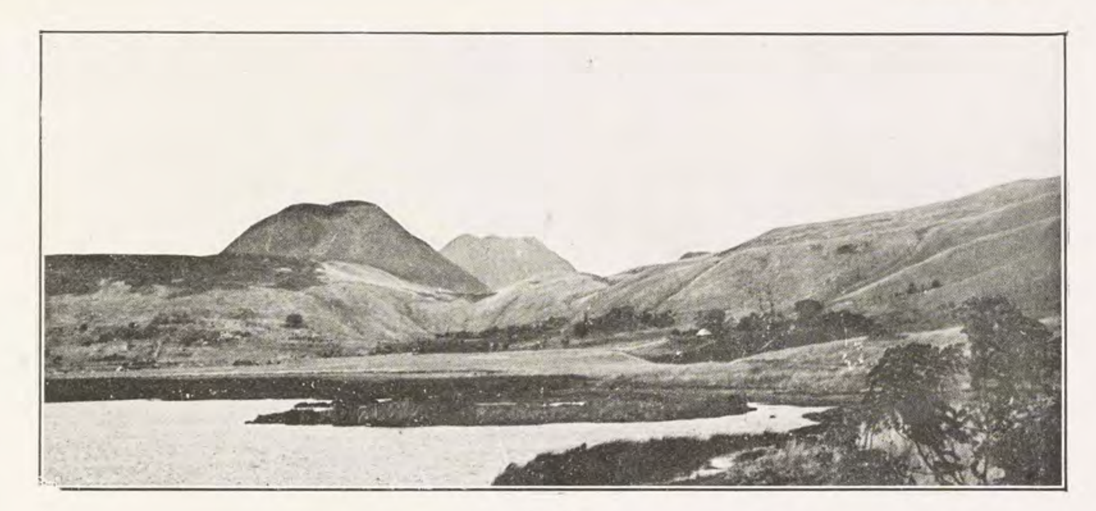
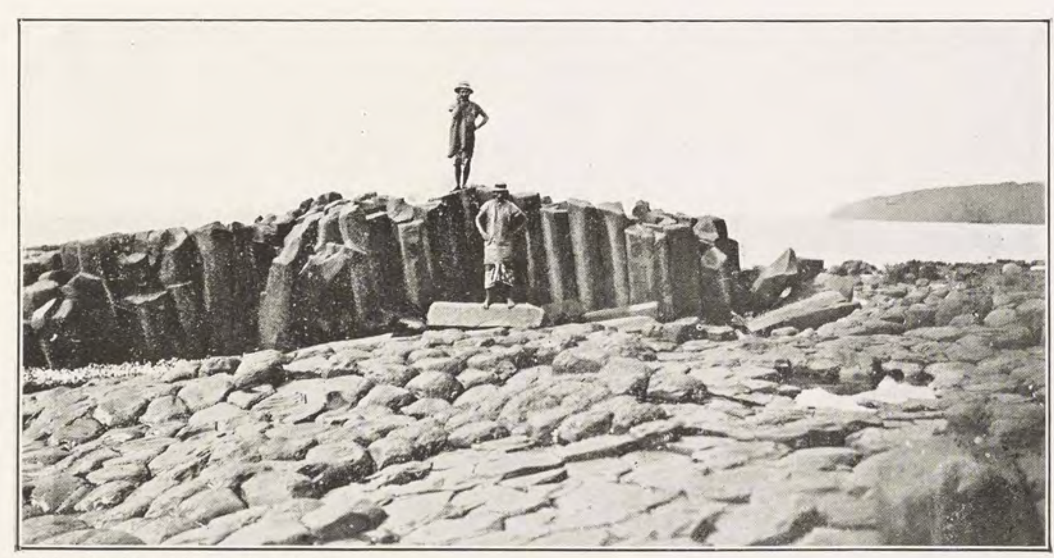


Fig. 1.



Fig. 2.



Clichés Fauchère et Perrier de la Bathie.

Fig. 3.

Puys basaltiques et dômes trachytiques ; Lac Itasy (fig. 1 et 2). — Colonnade basaltique, Zanaharibe ; Sud d'Antalaha (fig. 3).

α. **Ankaramites.** — Au Nord d'Ankaramy, j'ai rencontré, au milieu des grès liasiques, un gros dyke, ou peut-être un lambeau de coulée d'une roche, à énormes cristaux porphyriques, qui m'a servi de type pour ce que j'ai appelé *ankaramite* [138]. Ces phénocristaux, de plusieurs centimètres de longueur, sont constitués par de l'augite d'un vert pistache éclatant et par de l'olivine jaune clair, généralement en partie calcifiée ; la pâte noire, dans laquelle ils sont distribués, se montre, au microscope, formée de gros microlites d'augite, associés à de l'augite titanifère et à quelques lamelles de biotite ; il faut y ajouter des microlites, peu abondants, de labrador et un peu de magnétite (*analyse* **380**). Dans la même région, se trouvent d'autres filons de roches analogues, mais moins riches en gros cristaux (noirs) d'augite et un peu plus feldspathiques ; elles établissent le passage au basalte porphyrique à augite d'Ankerana signalés plus haut.

A Iconi (Grande Comore) et à Anjouan, se trouvent des roches analogues à l'ankaramite, mais dont les phénocristaux sont moins gros (*analyse* **381**).

Les basaltes, dits « porphyroïdes », dont il a été question plus haut, — il faut dire « porphyriques » — du Massif central de la France peuvent être comparés, dans une certaine mesure, à l'ankaramite, mais, en général, ils sont un peu moins mélanocrates et en outre plus riches en augite (moins péridotiques) que les roches malgaches ; cette particularité est mise en évidence par la comparaison des analyses suivantes et de leurs paramètres (2 et non '3 pour le second paramètre de la partie de la formule placée en dehors de [ ]. Enfin, leur plagioclase est plus riche en anorthite.

Composition chimique. — Ankaramites : **380**) d'Ankaramy, IV[5.3.(3)(4)]1'.'3.2.'2 (Boiteau) ; **381**) Iconi, IV[5'.4'.'4](1)(2).'3.2,2 ; A. Suc de Champagnac (Haute-Loire), 'IV[5.4.4]2.2.2.2 ; B. Puy de Charade (Puy-de-Dôme) (III)IV[6.3'.4]2.2'.2.2. (2, A. et B. M. Raoult).

	380	381	A	B
SiO^2	43,27	45,84	42,54	41,90
Al^2O^3	7,54	7,45	9,59	10,29
Fe^2O^3	2,22	1,66	4,82	3,49
FeO	6,18	9,64	7,36	8,54
MgO	17,65	16,76	12,96	14,00
CaO	13,72	12,64	14,56	12,56
Na^2O	1,26	1,38	1,30	2,06
K^2O	1,14	0,99	0,65	0,68
TiO^2	1,25	3,00	4,40	4,50
P^2O^5	0,38	0,42	0,38	0,46
H^2O +	0,38	0,32	1,39	1,77
—	0,22	0,10	0,27	0,20
CO^2	4,32	»	»	»
	99,53	100,20	100,22	100,45
An °/o	49	56	71	62

β. **Océanites.** — Je propose ce nom pour désigner des roches différant des

précédentes par la prédominance de l'olivine sur l'augite. Je les nomme ainsi, à cause de leur abondance dans les îles du Pacifique (île Gambier. Tahiti, etc.); dans des notes antérieures je les ai appelées [148] *picrites feldspathiques*, mais ce nom prête à équivoque, les picrites anciennes étant des roches grenues ou à structure diabasique, intrusives et non épanchées.

A Madagascar, je ne connais pas d'exemple net de cette roche, mais à Andramasy (Androy) se trouve un passage de l'ankaramite à l'océanite; de très nombreux grains d'olivine sont pressés dans une pâte noire, qui, au microscope, se résout en augite dominante, avec un peu de labrador-bytownite et des lames d'ilménite; des sphérolites verts de delessite remplissent la place de verre disparu. Par contre, l'océanite, malheureusement altérée, se rencontre à Anjouan; je l'ai observée en très grande abondance[1] à la Réunion, à la fois dans le volcan du Massif du Piton des Neiges et dans les coulées récentes du volcan actuel. Dans les îles du Pacifique, la structure est souvent doléritique; la roche de Putua, dont l'analyse est donnée ci-contre, renferme même de petites cavités miarolitiques, dans lesquelles se distinguent des cristaux nets de labrador.

Composition chimique. — Je n'ai pu faire analyser que la roche d'Andramasy, **381**^{bis} IV[5.(3)4.'4](1)2.3.1(2).2.; je donne ci-contre quelques analyses caractéristiques des océanites de divers gisements.

a) Piton de la Fournaise (Réunion), IV[5.4.4](1)(2).4.1'.2; *b*) Papenoo (Tahiti), 'IV[5.'4.4']1'.4.1'.2; *c*) Putua (île Mangaréva, archipel Gambier), IV(V)[5'.3(4).3]1'.4'.1.(1)(2) (1 à 3, M. Raoult). Je donne encore comme comparaison l'analyse *d*) de la *Harrisite* dont j'ai trouvé une intrusion dans les agglomérats basaltiques de la rivière du Mat (Salazie, Réunion), IV[5.(4)5.3(4)]1.4.1'.(1)2 (Boiteau, *in* A. Lacroix, *C. Rendus* CLV, 1912, p. 538); *e*) *Péridotite*, Cottonwood Gulch (Custer C^{y}, Colorado) 'IV(5.(3)4.4)1'.4.1.2 (Eakins, *in* W. Cross. *Proceed. Colorado sc. Soc.*, t. II, 1887, p. 245).

	381bis	*a*	*b*	*c*	*d*	*e*
SiO^2	43,38	43,96	43,85	41,24	41,68	46,03
Al^2O^3	5,89	9,84	9,07	4,51	6,28	9,24
Fe^2O^3	4,76	3,04	n. d.	3,10	2,64	2,72
FeO	9,96	10,40	10,75	10,39	9,32	9,94
MgO	22,21	20,70	23,40	33,10	29,65	25,04
CaO	6,92	7,93	7,90	4,90	7,28	3,53
Na^2O	0,82	1,48	1,30	0,76	0,44	1,48
K^2O	0,70	0,62	0,54	0,37	0,46	0,87
TiO^2	2,15	2,07	1,62	0,70	0,49	0,17
P^2O^5	0,19	0,25	1,88	0,05	0,06	0,40
H^2O +	2,92	0,01	0,38	0,59	1,96	0,64
—	0,49			0,40		
	100,39	100,30	100,69	100,11	100,26	100,06

1. Sur la constitution minéralogique des volcans de l'île de la Réunion. *C. Rendus*, t. CLV, 1912, p. 538.

CHAPITRE IV

ROCHES A PLAGIOCLASES ET NÉPHÉLINE

I. — ORDANCHITES.

J'ai donné ce nom [1] à des roches, abondantes au Mont-Dore, et notamment à la Banne d'Ordanche, et qui présentent un facies andésitique net ; le felspathoïde qui les caractérise est de la haüyne ; les ordanchites doivent être considérées comme une forme d'épanchement des essexites.

J'ai trouvé dans le Massif de l'Itasy des roches très analogues à celles du Mont-Dore, mais cependant un peu plus basiques ; elles possèdent un facies basaltique plutôt qu'andésitique. Ce sont donc des roches noires qui, au Kasige, se présentent sous forme de coulées ou de scories constituant le puy si caractéristique de cette montagne. Dans une petite excavation se trouvant à son pied Nord-Nord-Ouest, j'ai recueilli, à côté de variétés peu intéressantes à cause de leur faible cristallinité, des bombes fragiles, à cassure compacte et vitreuse, d'un beau noir, très riches en haüyne d'un bleu foncé et en grands cristaux de hornblende fondus sur les bords, mais non résorbés. La roche des coulées, et particulièrement celle qui descend du cône vers le lac Efisto, est scoriacée, d'un gris noir, et offre une grande analogie d'aspect avec la lave de Volvic ; elle est plus feldspathique, moins riche en haüyne que les bombes ; de plus, la hornblende est résorbée et d'une façon d'autant plus intense que l'on s'éloigne davantage du point de sortie ; ces phénomènes de résorption de l'amphibole se présentent donc avec les mêmes particularités que dans les laves andésitiques du Massif du Mont-Dore et de la Chaîne des Puys.

Dans son état le plus cristallin, l'ordanchite du Kasige est constituée par des phénocristaux d'augite titanifère, de hornblende, d'haüyne, de magnétite titanifère et de fort beaux cristaux d'apatite ; la pâte est formée par des plagioclases très

1. *C. Rendus*, t. CLXIV, 1917, p. 582.

aplatis (oligoclase à andésine) qui donnent des sections filiformes associées à des microlites feutrés d'augite. Enfin, il existe souvent aussi de très petits cristaux d'haüyne enveloppant poecilitiquement le pyroxène (*analyse* **382**).

Des roches analogues se rencontrent dans le même massif, à Ankoraka, à l'Est d'Ambohibe et à Ambohitrakoholahy.

Il y a lieu de rapprocher du même type une roche dont le feldspath moyen est moins basique (23 pour 100 An. au lieu de 44 pour 100). Elle provient d'Ambasy, non loin du lac Itasy ; elle est finement cristalline, d'un gris noir ; de grands phénocristaux de labrador prédominent, ils sont cerclés d'anorthose et entourés par des microlites du même minéral et d'augite ; il existe quelques phénocristaux d'augite et d'haüyne (*analyse* **384**).

Je rapporte également, au même groupe, à cause de sa composition chimique, une roche grise, à facies andésitique, riche en phénocristaux de hornblende, provenant de Tirini, sur la côte orientale de Mayotte ; son feldspath est encore plus acide (19 pour 100 d'An.) (*analyse* **383**).

Composition chimique. — Les analyses suivantes donnent la composition des ordanchites. **382**) *Ordanchites* : Kasige, II(III).6.2.4 (Boiteau), *a*) Laqueuille (Mont-Dore), II.6.2.4 ; *b*) Mareuges (Mont-Dore), II.5(6).2(3).4 (*a* et *b* par M. Raoult) ; *c*) Falgoux (Cantal), I(II).5(6).2.'4 (Pisani) ; **383**) Tirini (Mayotte), I(II).5(6).'2.'4 ; **384**) Ambasy, II.5'.2.4 ; (2 et 3, M. Raoult). On remarquera que dans plusieurs de ces analyses le second paramètre a une valeur un peu inférieure à 6 ; a haüyne de ces roches a subi un commencement d'altération, du genre de celle dont il est question page 24 et, par suite, la teneur en soude de la roche est un peu trop faible ; SO^3 a disparu en partie ou en totalité.

	382	*a*	*b*	*c*	**383**	**384**
SiO^2	47,31	52,55	51,60	54,51	56,32	55,11
Al^2O^3	16,27	17,35	20,20	20,40	19,01	18,38
Fe^2O^3	5,82	1,05	2,92	1,63	3,44	4,45
FeO	4,89	5,20	4,27	3,17	2,18	2,65
MgO	3,51	3,75	2,23	1,95	1,26	2,37
CaO	9,58	7,45	7,20	4,55	4,26	5,05
Na^2O	4,89	6,65	5,85	5,85	6,36	6,01
K^2O	3,34	2,86	3,15	4,30	4,66	3,79
TiO^2	2,83	1,93	2,20	1,17	1,02	1,58
P^2O^5	1,01	0,24	0,28	0,04	0,19	0,12
H^2O + / −	0,20 / 0,12	0,75	0,31	2,25	0,94 / 0,72	0,70
SO^3	0,43	0,10	0,17	0,27	»	»
	100,20	100,14[1]	100,54[2]	100,19[3]	100,36	100,21

1. Y compris Cl 0,26.
2. Y compris Cl 0,16.
3. Y compris Cl 0,10.

II. — BASANITES ET BASANITOIDES.

Les *basanites* sont des laves noires, à facies basaltique qui correspondent aux types mésocrates de ce qui, dans l'ancienne terminologie française, était appelé *téphrite à olivine*. Ce sont les formes d'épanchement des *berondrites, luscladites*, etc. Lorsque la néphéline n'y est pas exprimée, je les désigne sous le nom de *basanitoïdes*.

a. — Basanites.

Les basanites correspondent strictement, au point de vue minéralogique, aux luscladites ; elles sont donc caractérisées par l'association de labrador, de néphéline, d'olivine, d'augite titanifère et de magnétite titanifère. J'ai indiqué page 636 du tome II que la luscladite constituant le dyke d'Andrarivatonanahary, à la montée de Fiakarantsoa, dans l'Ankaratra méridional, présente une structure variable ; dans la partie centrale du dyke, elle rappelle celle des gabbros hypéritiques ; sur ses bords, elle devient doléritique et passe à la basanite : elle se distingue des autres roches à facies basaltique de l'Ankaratra par ses grands cristaux d'augite qui ressortent sur un fond gris noirâtre, finement cristallin.

Une roche identique provenant du mont Ambohitsampana, au Nord-Nord-Est de Betafo, possède un caractère doléritique encore plus accentué. Il s'agit probablement là d'une roche formant une coulée épaisse, et non plus d'un filon : la néphéline y est nettement postérieure au labrador. On peut lui comparer une roche formant des dykes dans la haute vallée de l'Androranga.

J'ai recueilli sur les crêtes de l'Ankaratra, en allant du Tsiafakafo au Tsiafakafokely, une autre variété de basanite. C'est un type mélanocrate, compact, qui n'a plus la structure doléritique. L'olivine et l'augite, en phénocristaux et en microlites très nombreux, sont englobés poecilitiquement par de grandes plages de labrador et de néphéline.

α. **Basanitoïdes.** — A l'inverse des précédentes roches, les types de même composition chimique, mais dépourvus de néphéline exprimée, sont très abondants dans le Massif de l'Itasy et dans quelques autres massifs volcaniques de l'île. Ces roches se présentent avec des facies variés. L'augite est toujours titanifère : il existe généralement entre les plagioclases (labrador dominant) microlitiques une matière incolore et isotrope, constituée soit par du verre, soit par de l'analcime ; comme les basaltes, ces basanitoïdes présentent des formes scoriacées. Voici toute une série de variétés structurales.

Type Ankidona. — Ce type est très cristallin, les phénocristaux d'olivine et d'augite sont distribués au milieu de gros microlites de pyroxène, qui sont englobés par de larges plages poecilitiques de labrador, nageant en quelque sorte au milieu du produit isotrope. La structure est la même que dans la basanite du Tsiafakafo. Il existe beaucoup d'ilménite, la roche renferme jusqu'à 5 pour 100 de titane. Cette roche constitue dans l'Itasy des cônes à l'Ouest d'Ankidona (*analyse* **389**) ; j'en ai trouvé aussi des blocs épars sur le sommet trachytique du Kitia.

A Lohavohitra, à l'Est du Vontovorona, une variété de cette roche est riche en microlites de hornblende brune ; elle présente un facies lamprophyrique et constitue probablement un dyke dans le gneiss. J'ai vu des roches analogues provenant du Nord-Est de Betafo.

Type Mazy. — Entre le Mazy et Ngiloby, j'ai recueilli une variété extrêmement riche en phénocristaux de hornblende noire et d'augite de plus de 1 centimètre et en grains de titanomagnétite à cassure vitreuse ; l'olivine n'est visible qu'au microscope. Tous ces minéraux sont disséminés dans un feutrage de petites aiguilles d'augite, avec fort peu de plagioclases et de substance isotrope. Dans l'Itasy, se rencontrent aussi des basanitoïdes compactes, différentes des précédentes par la grosseur plus grande des phénocristaux d'olivine et par l'absence ou la résorption de la hornblende (chutes du Mazy, près du Ngilofotsy) (*analyse* **396**); vallée d'Ankidona; cônes entre Soavinandriana et le Kasige; pied du Lazaina (riche en analcime).

On peut rapporter au même type une série de laves du Massif de l'Ankaratra : route de Tananarive à Antsirabe, kilomètre 126,65 ; Sud d'Antsirabe ; 1 kilomètre Est du kilomètre 178 ; Antsolifara, en aval de Vinaninkarena (nombreuses enclaves de quartz) ; sommet Mahatsinjo, à l'Est de Vinaninony ; 2 kilomètres Est du Mont Inanavana (Andriampatsa).

Type Ampombilava. — Je réunis sous ce nom les basanitoïdes dans lesquelles, bien que la composition chimique soit la même que dans les types précédents, aucun élément blanc autre que le labrador n'est perceptible au microscope. Ce type domine à Nosy Be, notamment dans les cônes de la région d'Hellville (Ampombilava, *analyse* **391**, etc.).

A citer encore : dans la région de l'Itasy, la coulée se dirigeant vers Mahatsinjo, au Nord du Mazy ; la plus grande partie, sinon la totalité des basaltes aquitaniens, généralement très altérés, du Bobaomby [La Table (Befamonty) (*analyse* **387**)] et de la Montagne d'Ambre (rivière des Maques (*analyse* **386**), etc. ; le haut Sambirano, base du Tsaratanana) (*analyse* **392**) ; Antetezantany (Manindry à l'Ouest de Mahanoro), etc. Ce type de basanitoïdes établit souvent un passage aux basaltes, il est fréquemment très riche en enclaves de nodules à olivine (Nosy Be, Massif d'Ambre, etc.).

Il faut rattacher à ce même groupe des basanitoïdes pauvres en olivine et assez feldspathiques, constituant la colonnade d'Antsahondra (Itasy) (*analyse* **390**) ; les plagioclases microlitiques sont très zonés et sont cerclés d'oligoclase, parfois même entourés d'un peu d'anorthose.

En terminant, je signalerai le basalte scoriacé qui constitue la cheire d'Ambohimahalala (Ouest-Nord-Ouest de Soavinandriana). Il appartient au même type, mais il en constitue une forme mélanocrate ; je n'ai malheureusement pu étudier que des fragments très vitreux que j'ai recueillis à la surface des coulées : ils sont par suite fort peu cristallins (*analyse* **390**). Les basanitoïdes de l'Iavoko près de Betafo et des volcans récents du voisinage renferment des phénocristaux d'augite zonés et de hornblende en voie de résorption en augite, rhönite et magnétite (*analyse* **393**).

β. **Limburgites.** — Les limburgites ne diffèrent des roches précédentes que par l'absence de feldspaths et de feldspathoïdes exprimés. Le seul élément blanc est le produit monoréfringent incolore ; l'étude chimique montre que ces roches sont hétéromorphes des basanites. Voici quelques exemples que j'ai eu l'occasion d'étudier : Butte au pied Nord de l'Andranonatoa (Itasy) (roche compacte, *analyse* **398**) ; île Sakatia (coulée scoriacée, *analyse* **397**) ; nombreux points de Nosy Be ; mont Marovato, 3 kilomètres d'Ambodimadiro (prov. de Vohémar) (*analyse* **401**), kilomètre 125,60 de la route de Tananarive à Antsirabe ; filon dans le Cénomanien au Nord du Massif d'Ambre, entre Ankiabe et Ambotsimihely (microlites de biotite, analcime dans la pâte) ; Anamakia (sur les surfaces exposées à l'air et corrodées, apparaît une texture fluidale, avec ondes curieusement plissées ; beaucoup de microlites de biotite, quelques plages poecilitiques de néphéline et de plagioclases). A Vohitany (Ouest de l'Avokia, dans le massif des Vavavato), des limburgites (filons) renferment quelque microlites de hornblende brune. Enfin, c'est la même roche qui forme de petites éminences dans la plaine sableuse de Betioka, au Nord de Manombo ; elle est riche en augite, mais relativement pauvre en olivine (*analyse* **399**).

Une limburgite (*analyse* **400**) constitue un filon dans les gneiss de la Sakamena ; elle renferme de gros cristaux de picotite ou de chromite, dérivant probablement de la destruction de nodules à olivine qui abondent dans cette roche.

γ. **Obsidiennes basanitiques.** — Dans une collection de roches d'Anjouan que je viens de recevoir de M. Plaideau, se trouve un bel échantillon d'une roche vitreuse noire, à éclat gras, dont la densité est de 2,96 ; elle est attaquable par l'acide chlorhydrique, en donnant du chlorure de sodium. Au microscope, elle apparaît comme constituée par un verre homogène, à peine translucide, ne con-

tenant que quelques petits cristaux, peu nombreux, d'olivine. D'autres échantillons sont d'un brun rouge d'intensité variable ; en lames minces, on reconnaît les mêmes cristaux d'olivine, distribués dans un verre jaune d'or foncé, à structure fluidade, étiré sur le bord de quelques cavités comblées par de la christianite ; ce verre est plus riche en eau que les précédents. Çà et là, s'observent quelques cassures perlitiques. L'*analyse* **402** montre qu'il s'agit là d'une obsidienne de basanite ; j'ai décrit[1], il y a quelques années, une roche très analogue (*analyse a*), produite par le petit volcan de Loubarcet, au Sud de Massiac (Cantal).

Tufs palagonitiques. — L'intérêt de cette roche est grand, en ce qu'il montre l'origine des *tufs palagonitiques*, assez fréquents à Anjouan et à la Grande Comore (Iconi. La Convalescence), Moheli (Fomboni) ; ces tufs sont constitués par de petits fragments anguleux d'un verre noir devenu souvent biréfringent à la suite de son hydratation ; ils sont cimentés par des zéolites ou par de la calcite.

δ. **Composition chimique.** — **385**) *Basanite* : Entre le Tsiafakafo et le Tsiafakafokely, III(IV).6(7).3.'4[2.2.2.3] ; passage à l'ankaratrite.

386) *Basanitoïdes* : Rivière des Maques (Massif d'Ambre), III.6.'3.4[2.2.(2)3] ; **387**) Befamonty (Bobaomby) III.'6.3.4[1(2).(2)3.2.2'] ; **388**) Karthala (éruption de 1860), III.(5)(6).3.4[2.2.2.3] ; **389**) Vinaninkarena, III.6.3.4[2.2(3).3.2'] ; **390**) Antsahondra, III.6.(2)3.'4[(2)3.1.2'.3] ; **391**) Ampombilava (Nosy Be), III.6.3'.4(5)['2.(2)3.2.2] ; **392**) Base Sud Tsaratanana, III.6.3(4).4[2.2.3.2(3)]. **393**) Iavoko, III.6.3'.4[2'.'2.2.(2)3].

	385	386	387	388	389	390	391	392	393
SiO^2	42,61	45,80	45,70	46,10	45,32	43,40	43,75	42,49	40,02
Al^2O^3	12,08	14,06	13,03	14,66	14,35	15,29	15,90	14,23	14,74
Fe^2O^3	4,12	5,16	2,84	3,69	4,51	6,15	2,50	3,51	4,47
FeO	7,48	7,95	9,10	9,32	8,19	7,11	7,85	8,20	8,18
MgO	10,60	6,96	10,80	6,04	9,25	4,95	9,34	7,69	7,34
CaO	13,36	9,25	11,07	12,00	11,31	11,23	11,10	12,42	12,64
Na^2O	2,78	4,67	3,12	3,33	3,32	3,74	3,38	2,63	2,72
K^2O	1,98	2,38	1,43	1,38	2,06	2,78	0,75	1,21	1,81
TiO^2	3,64	2,17	1,33	2,29	1,54	3,90	2,40	3,31	4,97
P^2O^5	0,73	0,89	0,45	0,41	0,91	1,14	0,07	0,44	0,71
H^2O +	0,54	0,55	1,12	0,16	0,51	0,99	3,10	3,40	1,91
—	0,17	0,12	0,31	0,10				0,40	0,56
	100,34[2]	99,96	100,30	99,88	101,32[3]	99,78	100,14	99,93	100,11[4]
An °/o	100	46	62	59	75	76	70	73	97

1. *C. Rendus*, t. CLXIII, 1917, p. 406.
2. Y compris MnO 0,25.
3. Y compris MnO 0,05.
4. Y compris MnO 0,04.

Basanitoïdes : **394**) Ouest Ankidona (Itasy), III′.6.′3.3(4)[2′(1)2.2.2′] ; **395**) Ambohimahalala (Itasy), (III)IV.[6′.2.3(4)]2(3).1.2(3).2′] ; **396**) Nord Mazy (Itasy), III.′6.3.3(4)[2′.′2.2.(2)3].

Limburgites : **397**) Ile Sakatia, III.6.′3.4[2.′2.2.2(3)] ; **398**) Andranonatoa (Itasy), III′.6.3.′4[2(3).1′.2′.2′] ; **399**) Betioka (Nord du Manombo), III.′6.′3.4 [2′.1′.2′.2(3)] (Boiteau, sauf 4 (Duparc), 13, 14 et 15 (M. Raoult) ; **400**) La Sakamena, III.6.3.4(5)[′2.2.2.2] ; **401**) mont Marovato, III′.6.3.4[2.1(2).2(3).2′].

14. *Obsidiennes basanitiques.* **402**) Anjouan, III.6′.2(3).4[(2)(3).1′.2(3).2(3)] ; *a*) Id. Loubarcet (Cantal), III′.6.3.4[(1)2.2′.2.2.]. M. Raoult, *in* A. Lacroix. *C. R.*, t. CLXIII, 1916. p. 406.

	394	395	396	397	398	399	400	401	402	*a*
SiO^2	42,12	41,00	40,92	43,03	41,12	42,42	42,92	44,12	41,94	43,84
Al^2O^3	12,24	10,41	11,85	13,75	11,65	12,19	13,24	12,92	15,25	13,16
Fe^2O^3	5,71	11,42	5,72	5,98	7,29	6,73	3,77	3,89	8,41	0,91
FeO	7,83	7,44	8,89	7,29	7,16	7,27	7,66	7,01	6,13	9,30
MgO	8,43	8,07	8,12	6,58	7,78	7,34	10,04	7,95	6,14	11,28
CaO	11,97	11,66	12,23	11,80	12,07	11,82	12,52	13,96	10,78	11,98
Na^2O	2,59	2,86	2,18	3,38	2,56	3,19	3,66	3,19	4,78	3,06
K^2O	2,56	2,57	2,18	2,20	2,14	1,63	0,88	1,24	1,93	1,36
TiO^2	4,95	3,76	5,43	2,32	6,38	4,23	1,44	2,59	2,81	4,20
P^2O^5	0,80	0,20	0,98	0,76	0,92	0,81	0,96	0,84	0,31	0,16
H^2O +	0,51	0,41	0,75	1,87	0,70	2,13	2,53	2,17	1,33	0,38
—	0,25		0,20	0,66	0,38	0,34	0,11	0,33	0,11	0,21
	100,11[1]	99,80	99,70[2]	99,62	100,15	100,10	100,10[3]	100,32[4]	100,30[5]	100,14[6]
An %	89	100	76	69	66	54	66	66	92	86

Enclaves énallogènes. — Les basanites et les basanitoïdes de l'Itasy et de l'Ankaratra, de même que les basaltes d'autres régions malgaches, renferment souvent en abondance des enclaves de roches granitiques et gneissiques, ainsi que de leurs débris ; leurs modifications métamorphiques sont les mêmes que celles observées dans les autres roches volcaniques basiques (Cf. page 36). A cet égard, je citerai d'une façon particulière les puys situés entre Soavinandriana et le Kasige.

1. Y compris MnO 0,15.
2. Y compris MnO 0,25.
3. Y compris MnO 0,11 ; CO^2 0,16.
4. Y compris MnO 0,11.
5. Y compris CO^2 0,38.
6. Y compris Cl 0,30.

CHAPITRE V

ROCHES A FELDSPATHOÏDES SANS FELDSPATHS

I. — FASINITE DOLÉRITIQUE.

J'ai décrit jadis[1] la curieuse composition et la structure du Puy de Barneire, près de Saint-Sandoux (Puy-de-Dôme), qui renferme une roche noire, à facies basaltique, correspondant à l'ankaratrite, au milieu de laquelle se trouvent, sous forme de filonnets, de langues, des roches à structure grenue ou doléritique, de composition variée et correspondant à ce qui a été appelé *Nephelin-dolerit* dans quelques gisements allemands.

D'échantillons que je viens de recevoir de M. Perrier de la Bathie et que, pour cette raison, je n'ai pu décrire dans le tome II, il ressort que le mont Takarindoha, situé au Nord-Ouest de Vatomandry, possède la même structure et une composition lithologique analogue. Depuis l'altitude de 200 mètres, jusqu'à son sommet de 470 mètres, cette montagne est formée par l'ankaratrite dont il est question plus loin et, au sommet même, se trouve une roche grenue, d'un gris verdâtre. Elle est riche en petits cristaux d'augite titanifère, se détachant sur un fond blanc qui, à la loupe, se résout en portions d'un blanc mat et en d'autres, incolores ; elle est creusée de géodes dans lesquelles se reconnaissent des pointements distincts de christianite. L'examen microscopique fait voir que le minéral opaque est de la néphéline, qui n'existe plus à l'état intact que sous forme de lambeaux épars au milieu de la christianite. Malgré l'abondance de ce dernier minéral j'ai fait faire une analyse pour avoir une approximation sur la composition chimique originelle de cette roche. Il n'est pas douteux qu'elle doive être considérée comme une forme doléritique et relativement leucocrate de *fasinite*. La richesse en potasse fait penser qu'un minéral globuleux isotrope qui accompagne la néphéline et, qui est enveloppé sur les bords par l'augite, a été de la leucite.

1. *C. Rendus*, CXVI, 1893, p. 1075 et CXXXI, 1900, p. 283. *Bull. soc. fr. minér.*, XXXII, 1909, p. 325.

Il est intéressant de retrouver à Madagascar, un nouvel exemple de l'association d'une semblable roche doléritique à une roche néphélinique mélanocrate compacte. En outre du gisement de Barneire, on peut citer les gisements connus de Meiches (Vogelsberg), de Löbau (Lusace, etc.), de Beaulieu (Bouches-du-Rhône)[1]. La comparaison de la composition chimique des deux types lithologiques associés dans ces gisements montre que, dans tous les cas, la forme doléritique, postérieure à la forme basaltiforme, est moins riche en éléments colorés, et par conséquent moins ferrifère, magnésienne et calcique, mais plus riche en alcalis et souvent en alumine. Cette association rappelle celle de gabbros à grands éléments (euphotides) et à feldspaths souvent acides aux péridotites qu'ils traversent sous forme de filons minces (Alpes, Guinée) ; leur disposition n'est pas sans analogie avec celle des pegmatites au milieu des granites.

L'*analyse* **403** de la fasinite potassique de Takarindoha : III.'6.(3)4.3'[2(3).1.'3.'3] doit être comparée à celle de l'ankaratrite (page 64, *analyse* **415**). Je donne comme termes de comparaison les analyses A de l'*ankaratrite* du puy de Barneire, 'IV[7(8).(2)3.4(5)](1)2.(2)3.2.2 ; et celle des fasinites doléritiques qui la traversent : B) type potassique à rhönite (II)III.6.3'.3, C) type sodique (II)III.6(7).3.4.

L'*analyse* **404** est celle de la roche du Nord d'Antonibe dont il est question à la page 647 du tome II et qui semble être un équivalent microlitique de la fasinite ; sa néphéline est entièrement zéolitisée (christianite) III.'6.3.'4[2(3).1.3.'3].

	403	404	A	B	C
SiO^2	38,18	41,08	40,20	41,94	40,42
Al^2O^3	15,31	14,12	11,44	17,72	19,42
Fe^2O^3	7,54	8,14	2,12	3,30	1,06
FeO	5,58	4,92	7,84	5,14	6,70
MgO	4,46	3,74	13,16	4,62	4,88
CaO	13,14	13,84	13,10	12,16	11,12
Na^2O	1,99	2,77	3,61	2,39	3,76
K^2O	2,22	2,07	0,88	3,20	2,52
TiO^2	3,38	3,21	3,20	2,90	3,04
P^2O^5	0,39	0,89	0,63	0,73	0,68
H^2O+	6,43	4,25	3,50	5,24	5,20
—	1,66	1,32	0,36	0,86	1,20
	100,28	100,33	100,04	100,20	100,00

II. — ANKARATRITES.

J'ai proposé [151] de désigner sous ce nom les types extrêmement mélanocrates

1. Max Bauer a signalé [114] à Mohéli (entre Kangani et Iconi) une roche qu'il appelle *Nephelindolerit* et qu'il compare à celle de Löbau : je ne l'ai pas vue.

de la roche qui a été appelée jusqu'à présent par les pétrographes français *néphélinite à olivine* et par d'autres *Nephelinbasalt*.

La composition virtuelle met en évidence une quantité d'anorthite (contenue potentiellement dans les pyroxènes) qui ne dépasse guère 12 pour 100 et qui n'est jamais exprimée minéralogiquement.

Les ankaratrites sont des roches noires, compactes, à grain très fin, à cassure esquilleuse, en général plus unie que celle des basaltes. On y distingue, à l'œil nu, une petite quantité de grains d'olivine de faibles dimensions.

Au microscope, on constate la présence de phénocristaux d'olivine, à formes nettes, souvent très abondants, avec, plus rarement, quelques phénocristaux d'augite titanifère. Les microlites sont formés par le même pyroxène, de la titanomagnétite, avec parfois un peu de biotite et de *perowskite* ; la néphéline est fréquente, elle est parfois accompagnée ou remplacée par de la mélilite.

Les ankaratrites constituent de très nombreuses coulées dans l'Ankaratra ; on les rencontre au Nord-Nord-Ouest du lac Alaotra, sur la côte orientale, au Nord de Vohémar, puis dans la région de Vatomandry et de Mahanoro, etc. J'y distingue plusieurs variétés.

a. — **Ankaratrites néphéliniques.**

Type Tsiafajavona. — La néphéline forme de petits cristaux isométriques, quelquefois pourvus de formes hexagonales, plus souvent irréguliers ; ils sont alors globuleux et renferment à leur centre de petites inclusions ferrugineuses ; il ne serait pas impossible qu'il ne se trouvât parmi eux quelques cristaux de leucite, mais je ne puis le démontrer.

Voici les principaux gisements de ce type : Dans l'Ankaratra ; sommet du Tsiafajavona (*analyse* **408**) ; près Antanifotsy ; sommet Nord de Laona ; Ambatofotsy, Ambohibory ; Bongatsara ; Ambohimahavony ; Rantoandro ; Ambohibololombalahy ; aux Comores (Dzoumagné, Mayotte, *analyse* **407**).

Une variété à grain plus fin est particulièrement pauvre en néphéline ; l'augite forme un feutrage de petits cristaux allongés : Dans l'Ankaratra ; Andraokomby ; puis le petit Vontovorona ; Ambohibato (40 kilomètres Sud-Sud-Ouest de Tananarive) ; dans le Valalafotsy, à 12 kilomètres Ouest de Fenoarivo (teneur en olivine exceptionnellement faible) (*analyse* **406**).

Sur la côte Est : basse vallée du Manambery (au Nord de Vohémar) ; Takarindoha (Nord-Ouest de Vatomandry, un peu de perowskite) (*analyse* **415**). Une

variété à gros grain se trouve à Amparafaravola, au Nord-Ouest du lac Alaotra (*analyse* **409**) : les phénocristaux d'olivine y sont associés à des phénocristaux d'augite.

Type Mandazotanora. — Ce type est à gros grain ; les cristaux de néphéline ont souvent des formes nettes ; ils se groupent entre eux ; les phénocristaux d'augite sont plus nombreux que ceux d'olivine. Cette roche est notoirement plus néphélinique que les précédentes ; elle constitue le sommet de Mandazotanora (Ankaratra).

Type Ambohivorona. — La pâte microlitique est très fine, les microlites d'augite sont très allongés ; ils sont englobés poecilitiquement en très grand nombre par de larges plages de néphéline ; j'ai trouvé ce type dans l'Ankaratra : Ambohivorona ; rive Sud du Madiorano (Nord de Mananalondo) ; au-dessus d'Antanifotsy ; au Nord du Tsiafajavona.

b. — Ankaratrites mélilitiques et néphéliniques.

Ces ankaratrites diffèrent du type Tsiafajavona par l'association à la néphéline de la mélilite, avec presque toujours de la perowskite. La mélilite se présente sous sa forme habituelle de baguettes rectangulaires, peu biréfringentes, à allongement négatif ; elle n'a jamais la structure en cheville, si fréquente dans les mélilites des laves allemandes.

Ces ankaratrites constituent les colonnades des grandes coulées de Laona (*analyse* **411**) ; elles se rencontrent aussi à Mahanoro (*analyse* **414**) et au mont Vohibalaina (Nord-Est de Vatomandry).

L'existence à Madagascar d'une lave à mélilite a été signalée pour la première fois par M. Prior [166], d'après un échantillon recueilli à Amparafaravola et donné par le Rev. Wills au British Museum. La roche décrite ne renferme pas de néphéline ; elle constitue un accident minéralogique dans ce gisement que j'ai parcouru dans tous les sens, sans trouver un échantillon mélilitique absolument dépourvu de néphéline (*analyse* **410**), comme celui qu'a bien voulu me communiquer mon savant collègue de Londres. Ce type exclusivement mélilitique a une pâte plus compacte que celui que j'ai vu en place.

Aux affleurements, par altération, les ankaratrites d'Amparafaravola deviennent poreuses et jaunes d'or ; seule la mélilite et la néphéline sont décomposées en une substance jaune colloïde, en même temps que la magnétite est plus ou moins transformée en hydrate de fer. Il m'a été possible d'extraire de cette roche altérée, la perowskite qui y est très abondante ; j'ai constaté qu'elle y forme de petits octaèdres cristallitiques.

c. — **Ankaratrites mélilitiques sans néphéline.**

Ce type constitue les laves du Sud du mont Vohibalaina, sur le sentier allant à Vasavasa, et aussi l'îlot de Vatomandry (*analyse* **413**); dans ce dernier gisement. la plus grande partie de la roche est formée par un feutrage de microlites allongés d'augite, au milieu desquels se voient, de loin en loin, des cristaux de mélilite dont les contours nets sont soulignés par de fines aiguilles d'augite, quelquefois incluses dans le minéral lui-même; il existe aussi des plages d'un minéral incolore, monoréfringent et peu réfringent. On vient de voir que cette même roche constitue un accident à Amparafaravola.

d. — **Ankaratrites limburgitiques.**

Je désigne sous ce nom des ankaratrites, dans lesquelles le fond incolore est uniquement constitué par du verre ou de l'analcime, avec parfois quelques plages isolées de néphéline ou même de plagioclase : 2 heures Sud de Bekily; Nord-Ouest de Vatomandry; une roche de ce genre constitue le piton isolé du mont Vohitsokina (au Nord d'Ambalafandrina); il semble que ce soient là les débris d'une coulée reposant sur le gneiss rappelant l'aspect des basaltes des plateaux d'Auvergne.

Au Sud d'Ambato, dans la presqu'île de la Grande Terre, située à l'Est de Nosy Komba, une ankaratrite renferme, en fait d'éléments blancs, de petites plages globulaires, avec inclusions ferrugineuses disposées en cercle, que j'ai prises autrefois pour de la leucite. La pauvreté en potasse (*analyse* **405**) n'est pas favorable à cette hypothèse, à moins que le minéral n'ait été épigénisé par de l'analcime.

Des ankaratrites limburgitiques se trouvent aux Comores et en particulier à la Grande Comore; celle de Bangui Kouni renferme de nombreuses inclusions de picotite dans l'olivine, elle contient un verre brunâtre riche en cristallites de magnétite (*analyse* **412**).

On peut citer enfin une roche d'Antetezantany, associée à la basanitoïde néphélinique, citée plus haut et qui contient une petite quantité de feldspath.

e. — **Ankaratrites très péridotiques.**

Cette roche provenant d'Ankalampobe (Nosy Be), est caractérisée par une quantité considérable de gros phénocristaux d'olivine, rappelant ceux des *océanites* de Tahiti. Au microscope, on constate qu'ils sont souvent dépourvus de formes

géométriques ; ils présentent des extinctions roulantes, comme s'ils provenaient de la désagrégation des nodules à olivine qui se rencontrent à l'état d'enclaves dans beaucoup des laves basiques de cette île, mais je n'y ai pas rencontré de fragments des autres minéraux de ces nodules. La pâte microlitique est à gros cristaux d'augite titanifère ; la néphéline s'observe, çà et là, au milieu de la matière isotrope incolore. Ainsi qu'on pouvait s'y attendre, cette roche est remarquable par sa haute teneur en magnésie (*analyse* **416**) ; sa composition se rapproche de celle d'une ankaratrite de Sal (Canaries) (*analyse* A), et de la *kylite* d'Écosse qui, ainsi qu'on l'a vu page 636 du tome II, constitue le passage d'une roche feldspathique grenue à néphéline à une péridotite (*analyse a*).

f. — Composition chimique.

Dans les tableaux suivants, j'ai placé d'abord les ankaratrites moyennement riches en olivine, puis d'autres qui en renferment davantage.

Ankaratrites. — **405**) Sud d'Ambato (limburgitique). IV[(5)6.4.4]2'.2.2.2 ; **406**) Fenoarivo, 'IV[7.3.4]2.2.2(3).2 ; **407**) Dzoumagné (Mayotte), III(IV).6.3(4).3[2:2.2.'2] ; A. Silvas (Algarve, Portugal), IV[7.(2)3.4]2.2.2.2 ; B. Drevin (Saône-et-Loire) (III)(IV)[7.3.4]3.(1)2.2.2 ; C. Puy de Barneire (Puy-de-Dôme), (III)IV[7(8).'3.4](1)2.2'.2.2 ; D. Fernando de Noronha, IV[7.(2)3.4]2.2.2.2. (M. Raoult, sauf **405** (Boiteau) et B (Pisani).

	405	406	407	A	B	C	D
SiO^2. . .	41,34	36,34	42,12	39,86	40.30	41,10	39,96
Al^2O^3. . .	12,87	10,49	12,05	11,12	12,57	11,59	9,75
Fe^2O^3. . .	4.28	6,52	4,72	6,39	5,84	1,81	5,98
FeO. . .	8,80	8.39	7,19	6,91	6,30	8,53	7,61
MgO. . .	11,16	9,32	10,45	11,09	10,72	12,39	12,95
CaO. . .	13,75	14,54	13.94	13,64	13,36	13,26	14,04
Na^2O. . .	1,42	2,39	1,61	2,49	2,82	3,19	2,86
K^2O. . .	0,71	0,96	1,94	1,68	1,65	1,36	0,94
TiO^2. . .	3,00	4,57	3,01	5,02	5,00	3,40	3,03
P^2O^5. . .	0,84	0,54	0,31	0,29	0,88	0,78	0,79
H^2O+. . .	1,39	5,32	2,19	1,51	1,04	2,16	1,78
—. . .	0,22	0,63	0,84	0,41		0,43	0,35
	99,78	100,20 [1]	100,37	100,41	100,48	100,10 [2]	100,16 [3]

Ankaratrites très péridotiques. — **408**) Sommet Tsiafajavona, 'IV[7.3.4]'2.3.2.2 ; **409**) Amparafaravola (néphélinique), IV[7.3.(3)4](1)2.3.2.2 ; **410**) *Idem* (mélili-

1. Y compris MnO 0,05 ; CO^2 0,14.
2. Y compris Cl 0,10.
3. Y compris Cl 0,07 ; SO^3 0,05.

tique), IV[8.2.4]'2.'4.2'.1(2) ; **411**) Laona (néphélinique et mélilitique), 'IV[7.3.4]'2.3.2.2 ; **412**) Bangui Kouni (Grande-Comore), 'IV[7.3.'4](1)2.3.2.2 ; **413**) Vatomandry (mélilitique), IV[7(8).3.(3)4]'2.3'.2.2 ; **414**) Mahanoro, IV'[8.(2)(3).'4]2.3.2.2 ; **415**) Takarindoha, IV[8.2.4]2.2.2(3).1 (M. Raoult, sauf **411**, Boiteau).

	408	409	410	411	412	413	414	415
SiO^2.. .	38,74	39,64	38,70	39,02	42,00	39,12	39,01	39,12
Al^2O^3. .	11,30	9,91	8,30	11,05	11,04	8,57	7,93	6,33
Fe^2O^3. .	4,28	2,50	4,14	3,52	3,94	3,94	4,53	7,89
FeO.. .	7,71	8,79	8,10	6,65	7,71	7,73	7,83	6,13
MgO. .	11,97	14,76	16,97	14,33	16,38	16,44	17,82	15,79
CaO.. .	14,43	14,60	14,70	15,30	12,50	14,58	14,25	14,63
Na^2O. .	3,02	1,86	2,62	2,24	2,32	1,97	1,96	2,12
K^2O.. .	1,92	1,68	1,72	1,38	1,65	1,69	1,54	1,24
TiO^2. .	3,30	3,33	3,20	3,31	1,83	3,39	3,21	3,29
P^2O^5. .	1,77	0,60	0,70	1,23	0,53	0,49	1,14	0,78
H^2O+..	1,28	2,12	0,75	1,75	0,37	1,47	0,85	2,45
—..	0,60	0,42	0,07	0,36	0,09	0,86	0,19	0,51
	100,32	100,21	99,97	100,14	100,31	100,25	100,26	100,33

Ankaratrites très péridotiques. — A. Rougiers (Bouches-du-Rhône), IV[8.2.4]2.3.2.2 ; B. Cap Manuel (Dakar, Sénégal), IV[7(8).'3.4]'2.3.2.2 ; C. (mélilitique) Mayo (Canaries), IV[8'.2.4]2.3.'3.2 ; D. Essey-la-Côte (Vosges) (mélilitique), 'IV[7,3'.4]'2.'4.2'.2 ; *a*) Neuhöven (Hegau), IV.2.3'.2(3).2 (Hezner, *in* Rosenbusch, *Elemente Gesteinslehre*, 1910, p. 467) ; *b*) Sainte Florine (Haute-Loire) (type limburgitique lamprophyrique), IV[6(7).'4.4]'2.4'.(1)2.'2 (A à D, *b*. M. Raoult, *in* A. Lacroix, *Bull. soc. franç. min.* t. XLI, 1918, p. 62).

	A	B	C	D	*a*	*b*
SiO^2.	38,94	39,74	36,16	38,02	37,01	37,90
Al^2O^3.	9,20	9,11	6,85	10,53	8,71	10,62
Fe^2O^3.	4,52	4,93	6,27	2,51	7,26	5,70
FeO..	8,48	7,61	6,94	7,26	6,71	6,71
MgO.	14,78	16,08	13,88	16,07	14,83	16,92
CaO..	13,86	15,08	18,88	16,22	15,85	16,30
Na^2O.	3,44	2,55	2,65	2,06	2,63	1,42
K^2O..	1,26	0,87	1,00	0,91	1,84	0,91
TiO^2.	4,20	2,54	4,61	3,40	3,21	1,05
P^2O^5.	0,46	0,58	0,79	0,68	tr.	0,42
H^2O+..	0,96	0,89	2,07	1,95	1,78	1,36
—..	0,12	0,29	0,36	0,69		0,62
	100,22	100,27	100,46	100,25	99,97[1]	99,93

416) *Ankaratrite très péridotique*. Ankalampobe (Nosy Be) IV[6.3.4]1.3.'2.2 ; A. Id. Sal (Canaries) (mélilitique). IV(V)[8'.2.4]'2.'4.2.'2 (M. Raoult). *a*. *Kylite*,

1. Y compris Cr^2O^3 0,14.

Beaboch (Écosse) (Dittrich, *in* Tyrrell, *Geol. Magaz.*, t. IX, 1912, p. 122), (III)IV[6.3.4]1.3'.'2.2.

	419	A	*a*
SiO^2	43,30	37,86	44,18
Al^2O^3	8,57	4,37	10,67
Fe^2O^3	1,51	5,14	0,97
FeO	8,85	9,00	10,03
MgO	21,20	22,78	17,77
CaO	9,45	13,62	9,75
Na^2O	1,91	1,53	2,37
K^2O	1,07	1,02	1,23
TiO^2	1,74	3,38	1,30
P^2O^5	0,13	0,29	0,38
H^2O +	2,00	1,19	0,97
—		»	»
MnO	0,40	»	»
	100,13	100,18	99,62

Dans les tableaux précédents, les analyses des ankaratrites ont été groupées d'après leur teneur en olivine virtuelle ; on peut se demander aussi quelles sont les relations de ces laves avec les roches microlitiques à néphéline, dépourvues de feldspaths, mais seulement mésocrates. Je divise celles-ci en trois groupes.

1° Les *néphélinites*, ne contenant que peu ou pas d'anorthite virtuelle, leurs paramètres sont $\begin{matrix}II\\III\end{matrix}.\begin{Bmatrix}8\\9\end{Bmatrix}.1.4$) ; leur pyroxène est de l'aegyrine ou un diopside aegyrinique ; elles représentent la forme microlitique des *ijolites*.

2° Les *étindites* (du volcan d'Etinde, dans le Cameroun), contenant une proportion non négligeable d'anorthite virtuelle. Leurs paramètres sont III(8.$\begin{Bmatrix}2\\3\end{Bmatrix}$.4 ; leur pyroxène est une augite ; ce sont les formes microlitiques des *melteigites*.

3° La forme hétéromorphe néphélinique, mais non feldspathique, des *basanites* III.$\begin{Bmatrix}6\\7\end{Bmatrix}$.3.4 ; leur pyroxène est encore une augite, mais le plagioclase virtuel est plus abondant, la néphéline moins abondante que dans les étindites ; c'est la forme microlitique des *fasinites*.

On peut constater, d'après les paramètres mis entre [ ], que les ankaratrites du Tsiafajavona, de Vatomandry, de Mahanoro, d'Amparafaravola (type mélilitique) sont des formes mélanocrates des étindites, alors que toutes les autres ankaratrites sont les formes mélanocrates de l'équivalent microlitique des fasinites. La lave de Dzoumagné est à la limite de celles-ci.

Quant à la lave d'Ambato, elle offre une grande analogie chimique avec l'ankaramite d'Iconi (Cf. *analyse* **381**, p. 49).

Je ne connais pas de roches en place représentant la forme grenue des ankaratrites, mais j'ai recueilli autrefois cette forme grenue à l'état d'enclaves homœogènes, de nodules à biotite, hornblende et augite parmi les produits de projection de plusieurs Maare de l'Eifel (notamment à la Gemundener Maar).

Voici la composition chimique de l'une d'elles ; elle correspond aux paramètres IV[7.3.3']'2.3.2.(1)2.

SiO^2	42,16
Al^2O^3	8,20
Fe^2O^3	4,80
FeO	5,15
MgO	19,58
CaO	13,70
Na^2O	1,39
K^2O	1,61
TiO^2	2,61
P^2O^5	0,13
H^2O +	0,25
—	0,27
CO^2	0,27
	100,12

QUATRIÈME DIVISION

ROCHES SÉDIMENTAIRES

Bien que les formations sédimentaires n'aient été traitées qu'accessoirement dans cet ouvrage, il me paraît utile de donner quelques indications sur les roches sédimentaires malgaches que j'ai eu l'occasion d'examiner, mais dont je n'ai pas voulu faire une étude complète.

Je ne m'occuperai ici que des roches dues à une véritable sédimentation, laissant de côté celles qui résultent de l'action de sources, froides ou thermales — il en a été question dans le tome II, page 202 — et les roches produites par l'altération superficielle, à l'air libre, de roches diverses ; elles font l'objet de la Cinquième Division.

A Madagascar, je ne connais aucun gisement de roches chlorurées (sel gemme) ou sulfatées (gypse ou anhydrite)[1] produites par évaporation spontanée de lagunes. Je n'ai donc à m'occuper que des roches carbonatées et siliceuses et des roches détritiques.

I. — ROCHES CARBONATÉES.

A. — *Calcaires.*

Les calcaires sont des sédiments formés pas l'accumulation de débris de coquilles de mollusques, de débris d'échinodermes, de polypiers, de foraminifères, etc., ou par précipitation du carbonate de calcium de l'eau de la mer ou des lacs sous l'influence d'agents organiques ou chimiques ; il y existe souvent une proportion — qui peut être considérable — de minéraux détritiques. Le minéral exclusif ou essentiel est la calcite, parfois accompagnée d'un peu de dolomite (calcaires dolomitiques).

Le plus souvent, des phénomènes de recristallisation ont fait disparaître la structure originelle du dépôt; le test même des fossiles, au lieu de posséder la structure normale (calcite ou aragonite orientées), a subi une transformation

1. Les gisements de gypse secondaire cités à la page 180 du tome II, n'ont pas d'importance lithologique.

secondaire en calcite grenue. Ce minéral forme aussi, à travers la roche, des taches, des veines, à cassure spathique, ou tapisse de ses cristaux certaines cavités. Les calcaires, à faune actuelle, sont intéressants à cause de leur âge extrêmement récent, qui souvent n'a pas permis la production de ces modifications secondaires[1].

a. — Calcaires dépourvus de minéraux détritiques ou pauvres en ces minéraux.

α. **Boue calcaire à facies crayeux.** — Le lac Tsimanampetsa (Tsimanampetsosa des cartes) occupant le milieu d'une grande lagune, au pied de la falaise éocène du Sud-Ouest, fournit un exemple très typique de formation actuelle d'un calcaire par action purement chimique. Il est séparé de la mer par des dunes entremêlées de petites collines de sable que cimente par places de la calcite. Ce lac a une profondeur de 2 mètres; son fond est recouvert par un dépôt de 2 à 4 mètres d'un sédiment blanc; par temps calme, son eau est claire, mais, dès que le vent s'élève, elle prend un aspect laiteux. La partie de la lagune non immergée est couverte d'efflorescences de gypse et de sel.

Le sédiment déposé par ce lac est essentiellement constitué par de la calcite en petits globules microscopiques sans formes géométriques; une analyse publiée par MM. Jumelle et Perrier de la Bathie [197*bis*] lui donne la composition suivante : CaO 40,10; MgO 3,88; CO^2 38,00; SO^3 1,71; P^2O^5 0,19, auxquels il faut ajouter 6,47 pour 100 de NaCl et 7,00 d'impuretés.

Une fois sec, ce sédiment, d'un blanc éclatant, s'écrase sous les doigts en une poudre fine. Il possède donc l'aspect d'une craie légère; il ne saurait cependant être désigné sous ce nom dont la définition implique la notion d'organismes microscopiques qui manquent totalement dans le produit en question.

Un sédiment identique se trouve sous une couche de vase de $0^m,50$ sur le pourtour du lac Ziani qui occupe la partie centrale d'un ancien cratère dans l'île de Pamanzi (Comores). D'après une analyse que m'a communiquée le gouverneur Foureau, en même temps que les échantillons que j'ai étudiés, les eaux de ce lac qui paraît communiquer avec la mer seraient riches en carbonate et en chlorure de sodium, mais dépourvues de chaux; la formation de ce sédiment calcaire serait donc antérieure au régime actuel.

1. Les *calcaires cristallins* sont essentiellement ou exclusivement formés par de la calcite en petits ou en énormes grains xénomorphes. Ils ont souvent une texture marmoréenne et peuvent contenir des minéraux accessoires nombreux et variés. Leur structure si cristalline est due à la recristallisation totale, sous l'influence d'actions métamorphiques, des calcaires des divers types décrits dans ce paragraphe. Ils se trouvent au contact des roches éruptives ou font partie de la série des schistes cristallins : on trouvera leur description dans le tome II, pages 467 et 546.

β. **Calcaires à débris organisés accessoires ou absents.** — Il existe à Madagascar un grand nombre de calcaires à peu près dépourvus de fossiles ou pauvres en fossiles. Ils sont blancs, mais plus souvent colorés en jaune ou en rouge par des oxydes de fer, en noir par de la matière organique. Voici quelques exemples de ces calcaires.

La couleur des calcaires du Lias supérieur d'Ambariotelo (Ampasindava) est noire (rousse aux affleurements); la structure est finement grenue, les quelques fossiles observés sont transformés en calcite spathique qui forme aussi des veinules secondaires dans la roche.

Les calcaires jurassiques des causses d'Ikavo sont d'un blanc grisâtre ou jaunâtre, tantôt compacts et homogènes, tantôt riches en fossiles qui ont parfois disparu en laissant des cavités à bords plus cristallins que le reste de la roche et sont tapissés de petits cristaux de calcite. On peut en rapprocher le calcaire gris jaunâtre du Bajocien à *Trigonia costata* de l'Est de Beronono, les calcaires compacts nummulitiques sans fossiles de la Montagne des Français (Anosiravo; mont Bararata), du mont Renaud, d'Oranjia, d'Ankorika (Baie des Français); les calcaires à *Ostrea edulis* de Besakondry sur le Morondava.

Il existe aussi des calcaires analogues aux précédents, mais plus cristallins, à plus gros grain, dans lesquels on distingue nettement les clivages spathiques de la calcite; c'est un cas fréquemment réalisé dans le Jurassique inférieur du Nord : calcaire brunâtre d'Analamalandy (rive gauche de la Loky); calcaires jaunes de la vallée du Rodo, entre Ambery et Ankaronga.

Les calcaires nummulitiques de Majunga sont blancs, durs, mais creusés de petites cavités qui leur donnent une texture poreuse; les calcaires éocènes d'Antanimora et de Nosy-Lava ont le même aspect, mais sont moins résistants; ils sont d'un blanc jaunâtre et sur leur cassure terne, brillent quelques clivages de calcite. Par places, les calcaires de Majunga deviennent plus compacts; dans des cavités nombreuses se présentent de très petits rhomboèdres de calcite. La collection du R. Baron renferme sous le nom de dolomie des échantillons de ce genre et ce sont sans doute ceux qui ont été signalés par ce géologue [109] sous cette dénomination qui est incorrecte, car la roche se dissout entièrement à froid dans l'acide chlorhydrique.

Comme exemple de calcaires compacts, dépourvus de fossiles, je citerai encore ceux d'Anjouan qui sont certainement très récents, mais sur l'âge desquels je n'ai pas de renseignements.

γ. **Calcaires construits.** — Dans les types précédemment énumérés, les débris fossiles n'existent pas en très grande quantité. Dans ceux dont il s'agit ici au contraire, la roche est essentiellement produite par l'accumulation de restes

calcaires d'animaux, habitant en colonies (*Polypiers, Bryozoaires*), ou par des débris d'animaux à test ou squelettes calcaires (*Foraminifères, Crinoïdes* ou coquilles de *Mollusques*) ou enfin par des algues calcaires (*Lithothamnium*). Ces roches sont souvent des produits de récifs coralliens et l'on verra plus loin quel est leur mode de formation ; leur aspect diffère beaucoup suivant la nature des éléments d'origine biologique qui entrent dans leur composition. Quelquefois ceux-ci ne sont guère visibles sans le secours du microscope; tel est en particulier le cas des calcaires compacts blancs jaunâtres à cassure esquilleuse, riches en *Lithothamnium* des falaises du Fiherenana, de Behompy (la calcite est plus ou moins finement grenue, recristallisée par places en grandes plages) et aussi de certains calcaires à Foraminifères (*Miliolidées*) (Cap Sainte-Marie).

Mais lorsque les restes d'origine biologique sont de plus grande dimension, ils donnent un facies très caractéristique à la roche ; les calcaires nummulitiques à *Alvéolines* ou à *Nummulites,* les calcaires aquitaniens à *Lépidocyclines,* peuvent être cités comme exemple. Sur leur cassure, apparaissent les sections du test de ces animaux reconnaissables à leurs formes circulaires ou elliptiques de 1 à 2 millimètres de diamètre ; elles tranchent en blanc opaque sur la calcite translucide et plus cristalline du ciment. Je citerai pour exemples de gisements nummulitiques : les calcaires jaunâtres des environs de Diego-Suarez (*Nummulites, Orthophragmina, Lithothamnium*) et notamment ceux du Sud d'Andranotsara (massif d'Ambongoabo) (ils renferment du quartz détritique); ceux d'un gris jaunâtre très foncé de l'Ouest d'Andranotsara ; ceux d'Antanimora qui sont gris jaunâtre (*Nummulites, Orthophragmina, Assilina, Alveolina, Miliolidées, Lithothamnium*); les calcaires compacts blancs de la région de Tuléar : Behompy (*Alveolina, Flosculina, Orbitolites, Miliolidées, Algues siphonées verticillées*), Sud-Est d'Isatra (mêmes fossiles avec, en outre, *Nummulites*). Il faut citer aussi les calcaires à *Lépidocyclines* et *Lithothamnium* aquitaniens du Bobaomby ; ils sont poreux, jaunes, avec taches limonitiques à Andovoka et au phare d'Ambre, compacts et blancs au Cap Tanifotsy, gris de fumée et finement cristallins à la Table.

Dans le Nord-Est de l'île de Pamanzi (Comores) se trouvent [150] des lambeaux de calcaires zoogènes récents à ciment rougeâtre, formés par des Foraminifères, des débris de Polypiers, de Mollusques, d'*Algues calcaires* (ces dernières ont été étudiées par Mme P. Lemoine [202], qui y a en particulier trouvé des *Lithothamnium, Lithophyllum* et *Amphiroa*), avec des fragments d'augite, hornblende, plagioclases, magnétite, etc.

A 100 mètres environ au-dessus de la base du Carbonifère de la vallée de l'Imaloto, se trouvent des calcaires en couches continues ou en rognons qui ont l'aspect d'agglomérations de polypiers. Ce n'est là qu'une apparence; le calcaire,

grisâtre, est comme creusé de profondes cavités fistuleuses, quelquefois ramifiées, remplies par de la calcite spathique, dont un même individu possède parfois un grand volume, de telle sorte que sur une cassure fraîche de la roche, on voit briller un seul clivage de calcite interrompu par l'armature compacte de la roche originelle. Peut-être cette structure est-elle due à l'existence d'algues, du genre de celles signalées récemment dans le Permien d'Angleterre[1].

Des calcaires essentiellement formés par des *Polypiers* se rencontrent en abondance dans le Jurassique inférieur de l'Andrafiamena ; ils sont compacts, à cassure esquilleuse ; les sections souvent circulaires des polypiers apparaissent en gris ou en noirâtre sur un fond spathique blanc ou parfois jaune quand la calcite est ferrifère : sur les surfaces exposées à l'air, ce ciment jaunit et se corrode plus vite que les polypiers qui restent en relief. C'est à ce même type qu'appartiennent les calcaires du même âge, gris parfois un peu bleutés, qui constituent la muraille de l'Ankarana au Sud-Ouest du Massif d'Ambre.

Il faut y rapporter aussi les calcaires à polypiers récents constituant les récifs soulevés de la côte orientale de l'Extrême Nord de l'île ; les échantillons du Cap Diego que j'ai examinés sont extrêmement caverneux ; leurs cavités sont colorées en jaune par une argile ferrugineuse, au milieu de laquelle apparaissent des organismes calcaires désagrégés par dissolution superficielle.

Comme exemples de *lumachelles*, calcaires extrêmement riches en coquilles de mollusques[2] et particulièrement de lamellibranches, je citerai : les calcaires jaunes, un peu vacuolaires, du Bathonien-Callovien de Mandrava, essentiellement formés par de petites huîtres à test intact. Dans les calcaires du Sud de Manambovo au contraire, les coquilles ont leur test transformé en calcite à gros grain ; elles sont réunies par un ciment de calcite à petits éléments ; la coloration jaune de la roche est due à un pigment ferrugineux, localisé à la périphérie des petits débris de coquilles ; il existe quelques grains clastiques de quartz et de feldspath ; la roche est traversée par des veinules de calcite spathique. A citer encore les lumachelles jaunes à *Astarte* du Jurassique inférieur de Belalitra près Majunga, celles à *Leda* et *Corbula* du Callovien de la vallée de la Sakondry, celles du Jurassique d'Andra-

1. Cf. Olaf Holtedahl. — On the occurence of structures like Walcott's Algonkian Algæ in the Permian of England. *Amer. J. of. Sc.* t. I, 1921.

2. Les tufs calcaires jaunes très concrétionnés et poreux remplissant les fentes des calcaires nummulitiques de Windsor Castle, renferment en abondance des coquilles d'*Hélicidées* appartenant à des espèces actuelles ; ils sont assimilables au point de vue de leur genèse aux stalactites des grottes calcaires. Une formation analogue se rencontre à la Montagne des Français et sans doute dans d'autres gisements.

nosamontana dont les petits grains de calcite contrastent avec les grands cristaux du même minéral épigénisant les coquilles de bivalves.

Tous ces calcaires coquillers renferment une proportion notable de quartz et de feldspaths clastiques.

Dans l'éocène d'Ankaboa, près Ampotaka, dans l'Extrême Sud, se trouvent des calcaires extrêmement riches en coquilles de *Cytherea* qui ont été enlevées par dissolution; leur place est restée vide.

b. — Calcaires riches en débris clastiques.

α. **Sables calcaires et calcaires récifaux.** — Les îles Chesterfield, Barren, Juan de Nova, Europa sont constituées par un socle corallien que recouvrent des sables calcaires ou des calcaires résultant de leur consolidation. Je dois de nombreux échantillons de roches de ces îles à M. Perrier de la Bathie et à M. Herscher.

Les sables résultent de la trituration, puis de la concentration par le vent et les vagues de fragments des organismes constituant le récif. Ces minéraux sont accumulés en dunes ou en collines, plus saillantes du côté du vent, plus effacées du côté sous le vent; elles entourent une ou plusieurs dépressions centrales, actuellement à sec et en partie comblées. C'est à l'abri de ces collines, là où les oiseaux de mer trouvent le calme, qu'ils accumulent les déjections dont les produits de dissolution réagissent sur le calcaire pour constituer les dépôts phosphatés dont il a été question page 364 du tome II.

J'ai plus particulièrement étudié les roches de Juan de Nova. M. J. de Lapparent a bien voulu examiner les débris de polypiers, de coquilles de mollusques de Foraminifères dont elles sont formées. Parmi ces derniers il faut citer des *Miliolidées*, à test parcellaire imprégné d'oxyde de fer (*Bi-Tri* et *Spiroloculines*); des *Rotalidées*, à test fibreux translucide (*Calcarina calcar*, *Pulvinulina partschiana* (ou *Amphistegina*), *Planorbulina mediterranensis*), des Algues calcaires : *Boucina* (types apparentés aux *Lithothamnium* (*Amphiroa*), des débris d'ossements de petits vertébrés, etc. Ces sables calcaires sont meubles ou plus ou moins cimentés par de la calcite qui les enrobe pour les souder les uns aux autres; plus rarement ils sont solidement transformés en calcaires compacts. Ce sont ces roches dont la pseudomorphose locale en phosphorite a été décrite plus haut.

Ces sables calcaires qui se consolident sous nos yeux sont fort intéressants en ce qu'ils permettent de comprendre la genèse de certains des calcaires construits décrits plus haut.

β. **Calcaires oolithiques.** — Les calcaires oolithiques sont, à tous égards,

étroitement liés à ceux qui viennent d'être décrits et dont le mode de formation peut être facilement suivi.

A Madagascar, les calcaires à oolithes calcaires régulières sont peu abondants. Je signalerai les calcaires blancs appartenant au Jurassique inférieur de Ranomafana, à l'Est de Tongobory et du mont Vohibe (bords du lac Iotry); les uns, à petites oolithes, ayant un diamètre assez uniforme d'un millimètre (avec généralement centre de quartz), les autres, avec oolithes plus grosses et de dimension inégale, pouvant atteindre 5 à 6 millimètres (sans élément clastique central); le ciment qui les réunit est à gros grain. Ces calcaires ont une cassure irrégulière, sur laquelle les oolithes entières ou brisées apparaissent en relief. Par contre, à Besarotra se trouvent des calcaires (Gault?) à oolithes clairsemées dans de la calcite à grain fin qui possède une cassure esquilleuse; en lames minces, les oolithes apparaissent troubles au milieu du ciment limpide. Il en est de même pour un calcaire oolithique brun recueilli en nodules dans des grès entre Vohibory et Savasy (Sud de l'Onilahy).

Dans les calcaires précédents, les oolithes sont sphériques ou ovoïdes, il n'en est plus de même pour un calcaire recueilli sur la bordure des formations sédimentaires (au-dessous de grès et de schistes sur la rivière Sakalava, affluent de droite de l'Ianapera); ces oolithes ont la forme d'un ballon en partie dégonflé donnant l'impression d'une masse déposée à l'état colloïde qui se serait contractée par cristallisation. La calcite de ces oolithes est grenue ou fibreuse; leur partie centrale est occupée par un petit nombre de grandes plages de calcite ou par un débris ancien, quartz ou microcline; la périphérie est recouverte de calcite fibreuse. Quant aux intervalles compris entre ces oolithes, ils sont comblés par de la calcite grenue.

Le Callovien de l'Ouest de l'île renferme un calcaire oolithique d'aspect et de texture différents dont le type peut être choisi dans la vallée du Morondava (environs d'Ampandrarano à l'Ouest de Malaimbandy; Antsohanina); il s'agit d'un calcaire dur, jaune d'or, essentiellement constitué par des oolithes plates, de 1 à 3 millimètres de diamètre, réunies par un ciment de calcite grenue ne remplissant qu'incomplètement leurs intervalles. Ces oolithes formées par des couches concentriques de calcite, ont un noyau constitué par un débris de calcaire, de test de Mollusque transformés en calcite grenue, de pièce calcaire d'Échinoderme, etc. qui ont généralement un volume plus grand que celui de leur enveloppe. Cette roche qui est, en définitive, un véritable sable calcaire consolidé, rappelle celui qui se forme actuellement sur les bords des récifs coralliens.

Calcaires à oolithes ferrugineuses. — Dans ces calcaires, les oolithes, de petite taille et assez régulièrement sphériques, sont constituées par de la limonite, avec

noyau de quartz; elles sont englobées dans de la calcite à petit grain (*Berriasien* de l'Ankarana entre Sitampiky et Ankirihitra); Beseva (avec nombreux fossiles albiens).

Les calcaires très fossilifères de Beraketa (Jurassique moyen) renferment des oolithes d'un jaune clair, à structure zonaire remarquablement nette, qui sont constituées par de la sidérite; le même minéral forme aussi de petits rhomboèdres lenticulaires au milieu de la calcite finement grenue du ciment; ces oolithes ont parfois disparu par dissolution, laissant leur place vide. Cette roche est intéressante en ce qu'elle donne une idée de ce qu'ont pu être originellement les oolithes ferrugineuses des gisements précédents.

γ. **Calcaires quartzeux.** — Presque tous les types de calcaires dont il a été question plus haut renferment, à l'état détritique, une petite quantité de grains de quartz ou de feldspaths[1], parfois d'amphibole, de mica. Lorsqu'ils se sont déposés au voisinage immédiat du Massif cristallin, la proportion des éléments détritiques non calcaires augmente considérablement, donnant naissance à ce que l'on peut appeler des calcaires quartzeux[2], qui passent par toutes les transitions possibles aux grès à ciment calcaire, aussi les trouve-t-on surtout dans les niveaux renfermant des intercalations gréseuses.

En voici quelques exemples : Carbonifère de la vallée de l'Imaloto; calcaires en plaquettes jaunes triasiques ou liasiques d'Ankarandoha (les grains détritiques de quartz et de mica sont entourés par des éponges poecilitiques de calcite); calcaires noirs, liasiques, d'Ampasimena; lumachelles de Belalitra; calcaires jaunes du Jurassique inférieur d'Andrafiamena (vallée du Rodo) (avec feldspaths); calcaires jurassiques entre Bevoay et Kampany (Nord-Ouest de Maromandia), très riches en fossiles qui ressortent en gris sur le fond jaune de la calcite en grandes plages, au milieu desquelles se voient les grains de quartz; calcaires sénoniens de Marohitra (le test des fossiles a généralement disparu, laissant des cavités tapissées de cristaux limpides de calcite : la hornblende abonde à côté du quartz clastique); calcaires crétacés de la rivière Ampandrahy (15 kilomètres Est de Bedango), à l'Est de Soalala, les grains de quartz sont enveloppés poecilitiquement dans de grandes plages clivables de calcite; calcaire de Besatro, si riche en quartz qu'il ressemble à un mortier grossier (la calcite du ciment est à grain très fin); dans les calcaires à *Bulimus* du sommet du Plateau calcaire entre Ampanihy et Itrobeka,

1. Il est remarquable de constater la fraicheur de ces débris de feldspaths : leur englobement dans les calcaires les a préservés de la latéritisation.

2. Il ne faut pas confondre ces calcaires à quartz clastique avec ceux dans lesquels le quartz a cristallisé par voie secondaire. C'est ainsi que les calcaires du Jurassique moyen des Causses ont souvent leurs fossiles transformés en quartz et que dans les environs de Namota, ils renferment parfois des cristaux nets ou des rosettes de cristaux de quartz.

la pâte est au contraire compacte ; calcaire crayeux à gros grains roulés de quartz de la base du Nummulitique de la Montagne des Français.

Calcaire glauconieux. — Dans ces calcaires, il existe des grains verts de glauconie d'origine chimique, généralement accompagnés de grains clastiques de quartz ; calcaires néocomiens de Soromahia ; calcaires de l'Albien d'Ankomaka, associés à une roche friable, presque entièrement constituée par des grains de glauconie et identiques à tous égards à une roche de l'Albien des environs de Nice et de Menton (Alpes-Maritimes).

δ. **Calcaires et conglomérats calcaires à débris volcaniques.** — L'Aquitanien du Bobaomby comprend des bancs calcaires compacts qui renferment des fragments détritiques de basalte, des débris de hornblende ; quand ces éléments volcaniques deviennent prédominants, la roche passe à des tufs basaltiques à ciment calcaire ; ces roches renferment parfois de nombreux fossiles (*Lépidocyclines, Lithothamnium,* etc.).

En aval d'Ampasambazimba, il existe des conglomérats récents, formés par des galets et par un mélange de sable gneissique et basaltique, par des débris de bois, cimentés par de la calcite grenue ou par de l'aragonite fibreuse. Ce ciment est peut-être dû, au moins en partie, à l'action de sources thermales.

Dans les ruisseaux de la région d'Ankazoabo et dans le lit de la Sakondry, des conglomérats du même genre, mais réunis par des agrégats de calcite poreux et peu cohérents, paraissent être fréquents ; ils se forment au fond des vallées. Il faut rattacher au même type de roches sédimentaires les conglomérats de formation actuelle des côtes de Nosy Be et des îlots volcaniques du Nord-Ouest au voisinage des bancs de coraux. Des fragments ou des blocs de basaltes, des débris de coquilles et de polypiers sont plus ou moins solidement cimentés par de la calcite.

c. — Calcaires marneux et Marnes.

α. **Calcaires marneux.** — Dans ces calcaires, l'élément de transport est constitué, non plus par des minéraux de dimensions appréciables, mais par de l'argile, dont la teneur doit être inférieure à 20 pour 100 ; au delà de cette limite *conventionnelle,* la roche est appelée *marne.* Les calcaires marneux sont compacts, à aspect homogène et pierreux ; ils sont plus tendres que les calcaires purs ; par insufflation, ils fournissent une odeur d'argile. Lorsqu'on dissout le carbonate de calcium dans l'acide chlorhydrique étendu, il reste un résidu argileux dont la composition chimique est plus ou moins complexe.

Comme exemple de calcaires pauvres en argile, je citerai ceux du Jurassique inférieur d'Angorony ; ils sont compacts, jaunâtres, à pâte presque lithographique.

Plus argileux sont les calcaires noirâtres du Lias de la région d'Ampasindava ; ils sont constitués par de très petits grains de calcite colorés par une matière charbonneuse et par une argile colloïde, auxquels il faut ajouter des grains détritiques de quartz et de feldspaths (passage à des grès argilo-calcaires). Il existe souvent des fossiles (*Ammonites*) transformés en cristaux de calcite spathique dont la couleur blanche tranche sur le fond marneux de la roche. Ces calcaires se débitent parfois en prismes de 60°, à faces perpendiculaires à la stratification (Baron [109]). Dans le Lias de Beronono, des calcaires analogues, mais schisteux sont très riches en coquilles de Lamellibranches qui ressortent en gris sur le fond noir de la roche.

A citer encore les calcaires marneux gris du chemin d'Ambery à la vallée du Rodo (Jurassique inférieur), les calcaires marneux jaunes, calloviens, du versant oriental du Tsiandava (route de Mahabo à Malaimbandy), de la vallée de la Madiromanga (affluent de droite de la Mahavavy de l'Ouest) ; ceux de la chaîne de l'Andrafiamena (Jurassique moyen), de la rivière d'Andranosamonta, etc.

Les calcaires marneux liasiques renferment, entre le Manambao et le Sambao, des nodules siliceux creux dont les géodes sont tapissées par des cristaux de quartz.

Les calcaires marneux ont un intérêt économique, ils servent en effet à la fabrication de la chaux hydraulique (voir tome II, page 172) et c'est dans ce but que, sur la côte Nord-Ouest, ont été récemment ouvertes des carrières au Nord des marais de l'Andranomandevy (Nord-Ouest du mur de l'Ankarana).

β. **Marnes et marnolites.** — Les calcaires marneux font partie d'une série, dans laquelle certains termes deviennent de plus en plus argileux pour aboutir à de véritables argiles.

Les marnes présentent une cohésion de plus en plus faible, au fur et à mesure que la teneur en argile augmente[1] ; à l'état sec, elles ont un aspect terreux, sont tendres, friables, compactes ou feuilletées ; elles happent alors à la langue et, par insufflation, elles dégagent une odeur d'argile. A l'air humide, elles fusent et se délayent dans l'eau. Leur couleur est variable, grise, noire, verte, rouge. Elles fondent au chalumeau et sont en partie décomposables, à froid, par l'acide

1. Cette propriété peut être étudiée dans le Cénomanien de la Betaitra ; à la base, les marnes peu calcaires se délayent dans l'eau, elles sont recouvertes par des marnolites cohérentes, très calcaires, puis par des calcaires marneux, compacts.

chlorhydrique en laissant un résidu d'argile et parfois de minéraux détritiques. Quand ces derniers sont très abondants, la roche devient une marne sableuse.

Les sulfures de fer en cristaux, en nodules ou en épigénies de fossiles sont fréquents dans les marnes. Par oxydation, ils se transforment en limonite et donnent, en outre, naissance à des cristaux de gypse (voir tome I aux articles *pyrite, marcasite, gypse*).

Les marnes se rencontrent dans divers étages sédimentaires, où elles ont été souvent signalées par les géologues sous le nom d'argiles. Elles abondent dans le Lias ; telles les marnes noires à coquilles d'*Huîtres* de Beronono. Dans le Jurassique moyen ; dans le Crétacé : marnes grises cénomaniennes à fossiles pyriteux de la région de Diego-Suarez ; M. Lemoine a signalé [199] que sur la rive de la Betaitra, ces marnes ne renferment que 10 pour 100 de carbonate ; par contre, les marnes à *Inoceramus* sont très calcaires et riches en sable quartzeux. A signaler encore les marnes de l'Albien d'Ankomaka ; les marnes sénoniennes de la vallée de la Pierre, à la Montagne des Français, etc.

Les *marnolites* sont les termes très calcaires de la série marneuse ; elles forment une roche solide, compacte, à cassure mate terreuse et grise ; elles sont plus riches en argile que les calcaires marneux. Dans les gisements malgaches étudiés, les minéraux clastiques y sont peu abondants et fort petits.

On rencontre généralement les marnolites sous forme de nodules, de *septaria,* produits dans des marnes autour d'un débris organique. Elles résultent de la concentration locale de la calcite qui, d'ordinaire, est à grain extrêmement fin. Ces nodules présentent fréquemment des fissures de retrait qui les divisent en solides polyédriques ; ces fissures, souvent étoilées, sont quelquefois béantes et alors tapissées de beaux cristaux de calcite, de barytine (septaria des marnes albiennes d'Ankomaka dans le haut Manombo), de marcasite, de pyrite, de quartz, de dolomite, etc., mais, à Madagascar, elles sont plus souvent remplies par de la calcite fibrobacillaire, blanche ou jaune, formant des cloisons dont la cristallinité tranche sur la compacité du reste du nodule (Jurassique d'Andranosamonta, Maevarano, Ankaranfantsika, etc.).

Comme autre exemple de ces rognons de marnolite, je citerai ceux qui renferment les empreintes de Reptiles de Ranohira (Permo-trias), ceux des marnes sénoniennes de la vallée de la Pierre (26 pour 100 d'argile), ceux des marnes calloviennes d'Ambaliha, etc.

Quelquefois les marnolites présentent la structure curieuse *cone-in-cone,* résultant de l'emboîtement d'enveloppes coniques à surface striée [entre Miandrivazo et Malaimbandy (Lias)] ; ces solides sont le résultat de compressions exercées sur la roche, alors qu'elle était encore plastique.

B. — *Dolomies.*

Les dolomies sont essentiellement ou exclusivement constituées par de la dolomite, en rhomboèdres de 106°. Quand il existe de la calcite, celle-ci est xénomorphe et moule la dolomite. Ces roches passent aux *calcaires dolomitiques* par augmentation de la teneur en calcite. Les dolomies sont plus denses que les calcaires, la densité de la dolomite étant de 2,87. Elles sont en outre un peu plus dures.

Dolomies cristallines. — Ces roches sont marmoréennes, comme les calcaires cristallins; de même que ceux-ci, elles font partie de la série des schistes cristallins. Je renvoie au chapitre consacré à ceux-ci pour le seul gisement que je connaisse à Madagascar (Ambodiala près Ambatofinandrahana).

II. — ROCHES DÉTRITIQUES NON CALCAIRES.

Les roches dont il s'agit ici sont le résultat de la sédimentation des produits de la désagrégation des roches non calcaires et d'une façon toute spéciale, des roches constituant le Massif cristallin. Pour bien comprendre ce qu'elles sont, il est nécessaire de rappeler en quelques mots les phénomènes qui se passent sous nos yeux.

Le premier stade de la destruction des roches en place est la formation des *éluvions*; celles-ci ne sont pas de nature sédimentaire, mais elles sont l'intermédiaire nécessaire à la production des *alluvions*. Je les ai définies page 41 du tome II. Sous l'influence du climat tropical, les roches silicatées alumineuses sont décomposées chimiquement et leur cohésion est profondément modifiée. Elles sont soumises à l'action continue du ruissellement superficiel; sur les sols horizontaux, l'influence de celui-ci est faible; les minéraux inattaqués : métaux précieux, magnétite (oxydée), gemmes, quartz, etc., restent sur place, plus ou moins complètement libérés de leur gangue et englobés dans des produits d'altération. Mais sur les pentes, le phénomène se complique par suite de l'intervention de l'action de la pesanteur. Les produits meubles, ceux de faible dimension sont entraînés, les minéraux denses, les blocs de roches roulent au bas des pentes et s'y accumulent.

Le caractère des éluvions ainsi formées est l'absence de stratification régulière, l'état anguleux des blocs, le peu d'usure des cristaux qui s'y trouvent souvent intacts. Suivant la constitution du sous-sol, les éluvions sont lithologiquement homogènes ou bien hétérogènes (blocs de quartzite dans les éluvions des pegmatites d'Anjanabonoina). On a vu dans ce livre la grande importance minéralogique et pratique que présente à Madagascar ce type de formation.

A. — *Roches incohérentes.*

a. — **Alluvions.**

Les matériaux des éluvions sont ensuite démolis par les torrents, puis entraînés dans les rivières et les fleuves ; par leur dépôt, ils constituent les alluvions. Celles-ci sont à gros éléments (cailloutis), à éléments grossiers ou fins (graviers et sables [1]) ou extrêmement fins (boue et vase), suivant la longueur du transport subi par les éléments qui les constituent.

Des phénomènes d'usure, de fractionnement, de destruction progressive des matériaux tendres et fragiles, le classement par ordre de dimension, de dureté et de densité sont caractéristiques de la formation des alluvions qui, grâce à la disparition d'un certain nombre des minéraux originels, acquièrent une composition minéralogique d'autant plus simple qu'elles sont considérées en des points plus éloignés des massifs aux dépens desquels elles se sont produites ; dans des régions gneissiques et granitiques, par exemple, on trouve dans les alluvions près de la source des rivières tous les minéraux des gneiss et des granites, alors que plus loin le quartz seul subsiste, avec quelques minéraux accessoires particulièrement durs ou inattaquables (zircon, rutile, monazite, corindon, tourmaline, etc.).

L'un des traits caractéristiques des alluvions, à opposer à ceux des éluvions, résulte dans le mélange de matériaux d'origine très différente quand ces alluvions proviennent de régions de composition minéralogique complexe ; tel est à Madagascar le cas des alluvions des régions volcaniques ayant un substratum ancien. On peut voir en particulier aux environs d'Antsirabe des alluvions constituées par la succession de lits formés uniquement par des débris granitiques et gneissiques, puis d'autres constitués par des ponces rhyolitiques ou des fragments de basalte, alors que dans d'autres enfin, tous ces matériaux sont mélangés : dans l'Ankaratra, l'on retire des mêmes alluvions des cristaux de zircon et de corindon provenant du substratum gneissique et des fragments de cristaux d'olivine, d'augite et de hornblende, de titanomagnétite, issus du magma basaltique.

Les changements de régime des cours d'eau déterminent la succession ou l'alternance des lits constitués par des matériaux de dimensions extrêmement variées.

1. Des sables quartzeux non cimentés se trouvent à divers niveaux géologiques de l'île ; je citerai comme exemple ceux, à grain grossier, du Cénomanien d'Ambatobolangola (baie de Befotaka, sur la côte occidentale du Bobaomby).

b. — Sables de la mer.

Les sables de la mer sont constitués en partie par les matériaux entraînés par les fleuves et en partie par la désagrégation des roches de la côte sous l'influence du choc des vagues. Des phénomènes de classement par ordre de densité et de dureté s'y produisent aussi ; dans les régions schisteuses, notamment sur la côte vis-à-vis de l'île Sainte-Marie, se rencontrent des sables exceptionnellement riches en minéraux lourds (grenat, magnétite, etc.).

Les sables de la mer sont souvent entraînés par des courants fort loin de leur point d'origine et, par suite, ils sont sans relation de composition avec le rivage voisin ; c'est ainsi que sur la côte calcaire du pays Mahafaly, à partir d'Androka, les sables sont très riches en grenats qui n'ont pu être apportés que par le Menarandra, car la Linta est, en tout temps, à sec.

B. — *Roches cimentées.*

a. — Conglomérats et grès.

Ces roches sont des cailloutis, des graviers ou des sables consolidés par un ciment de nature variée ; elles se distinguent les unes des autres par la nature et par les dimensions de leurs éléments détritiques, ainsi que par le ciment qui les unit ; c'est la composition de celui-ci qui me sert à les subdiviser.

Les *conglomérats* sont les roches dans lesquelles les éléments sont de grandes dimensions (cailloutis cimenté) ; les *grès*, celles dans lesquelles ces éléments ont des dimensions inférieures à celles d'une noix (graviers, sables cimentés) ; les *pélites* et les *schistes pélitiques* résultent du durcissement d'une boue, d'une vase à éléments très fins.

La composition des conglomérats peut être diverse. Parfois tous les blocs qui les constituent sont de même nature (quartz, granite, gneiss, etc.) (*conglomérats monogènes*), alors que dans d'autres cas, ils appartiennent à des roches différentes (*conglomérats polygènes*).

En vertu de ce qui a été exposé plus haut, le quartz est le minéral détritique le plus abondant des grès et, dans un grand nombre de ceux-ci, il en est le minéral à peu près exclusif, mais dans la formation détritique s'étendant du Permien au Lias, qui se trouve au contact immédiat ou au voisinage du Massif ancien, les autres éléments des schistes cristallins et des granites, et notamment les feldspaths

et les micas[1], deviennent souvent très abondants, constituant alors la variété de grès appelée *arkose*[2] dont, pour la même raison, les éléments sont d'ordinaire peu roulés. Dans toutes ces roches, il existe généralement une petite quantité de débris de minéraux lourds et inaltérables (zircon, rutile, etc.).

Les grès et les conglomérats vont être subdivisés d'après la nature du ciment d'origine secondaire qui réunit les produits détritiques.

b. — Grès et conglomérats à ciment siliceux.

La silice, qui constitue le ciment des produits détritiques, s'est généralement déposée sous la forme colloïdale, à l'état d'opale, mais elle a souvent cristallisé plus tard et sous différents aspects, d'où une grande variété minéralogique parmi ces roches.

Les grès ont parfois une cassure conchoïdale ; elle est luisante (*grès lustrés*) quand la proportion du quartz détritique est très grande par rapport au ciment.

α. **Grès à ciment de silice hydratée (opale).** — Au microscope, les grains détritiques sont entourés d'opale monoréfringente. De bons exemples de semblables grès constituent des bancs à la base du Tsitondroina (Boina) et à la surface des calcaires éocènes de Mahabo (Menabe).

β. **Grès à ciment de silice anhydre cristallisée.** — *Grès à ciment de minéraux siliceux fibreux* (*quartz, quartzine, calcédonite*). — Le ciment est, en totalité ou en partie, transformé en l'une des formes de silice anhydre fibreuse ; ces fibres sont, soit disposées d'une façon quelconque, soit implantées, au moins en partie, perpendiculairement à la surface des grains détritiques.

J'ai rencontré ce genre de ciment dans les arkoses de la rivière Tambohazo (Ouest de Janjina) ; ces roches sont localement riches en pyrite et en petites druses de cristaux de quartz ; elles prennent parfois un grain très fin (*arkose miliaire*) et renferment alors des empreintes de plantes. A citer encore, les grès d'Ambohitralika.

Dans les grès verts ou noirs, à cassure lustrée, du Sud d'Analalava (Sud d'Ambatomainty), les grains détritiques de quartz sont bordés de fibres du même minéral, se terminant par des pointements distincts, quand il existe des cavités :

1. Sur l'Imaloto, près Benenitra, les grès permiens renferment parfois des paillettes de graphite.

2. Au voisinage immédiat du Massif cristallin, ces arkoses peuvent être très riches en feldspaths et en micas. Tel est le cas d'une arkose schisteuse d'Ankitokazo qui a la composition chimique suivante : SiO^2 64,08 ; Al^2O^3 10.58 ; Fe^2O^3 3,22 ; FeO 4,47 ; MgO 2,31 ; CaO 2,86 ; Na^2O 3,91 ; K^2O 2,78 ; TiO^2 1,05 ; P^2O^5 0,21 ; CO^2 1,62 = 100,03. C'est une composition possible pour une roche éruptive (II.4.14), mais ce n'est pas celle de la roche dont la destruction a produit ce sédiment.

çà et là, le ciment est constitué par de petites ponctuations de quartz grenu. Ces grès renferment quelques fragments rouges ou jaunes, constitués par des débris de grès ferrugineux à éléments très fins. Sur les surfaces exposées à l'air, la roche perd sa cassure lustrée, les grains de quartz arrondis apparaissent sur le ciment en relief devenu poreux, ce qui semble indiquer que le grès intact renferme encore un peu d'opale.

Grès à ciment quartzeux. — Le quartz récent est grenu, et sans rapport constant d'orientation géométrique sur le quartz détritique. Ce cas est réalisé dans une arkose triasique d'Ambatofotsy près Malaimbandy ; c'est une roche magnifique qui pourrait faire une pierre d'ornementation ; des grains anguleux de microcline rose sont distribués dans du quartz vert clair qui, au microscope, se résout en fragments anguleux anciens, cimentés par des grains néogènes du même minéral qui sont de dimensions très irrégulières dans les diverses parties d'un même échantillon. Les arkoses à petits débris de granite rose de l'Est d'Ambaliha (Antranotsiritra, province d'Analalava) sont à rapporter au même type. A citer encore les grès jurassiques du Nord de Maromandia (ciment à grain très fin).

γ. **Quartzites.** — Les quartzites sont d'anciens grès, dans lesquels la structure détritique originelle du quartz a disparu par suite de l'orientation de tout le quartz récent sur les grains de quartz ancien ; ce ne sont donc plus des roches détritiques, mais cependant il n'est pas possible de les détacher du groupe de celles-ci. Les quartzites sont exclusivement constitués par des plages de quartz emboîtées les unes dans les autres. Cette structure est réalisée dans tous les quartzites de la série des schistes cristallins du Massif central et qui sont des grès métamorphiques. Mais on trouve aussi ce même type structural dans les sédiments non métamorphisés de l'Ouest et en particulier dans ceux du Cénomanien du Sud d'Analalava (Sud d'Ambatomainty), où ils accompagnent les grès lustrés décrits plus haut. A l'œil nu, ces quartzites sont jaunâtres, finement grenus ; au microscope, on y distingue parfois quelques petits cristaux de rutile, de zircon et de tourmaline inclus dans le quartz.

Des quartzites (arkoses) à feldspaths détritiques se trouvent dans le Trias-Lias de Befosa près Manongarivo ; ils sont localement pyriteux.

c. — Grès et conglomérats à ciment calcaire.

Ces roches sont extrêmement abondantes à Madagascar, surtout là où les assises gréseuses sont surmontées par des calcaires de formation postérieure et, dans ce cas, la calcite y a été apportée de haut en bas, par voie de solution.

α. **Grès.** — Il existe de très grandes variations dans les proportions des éléments clastiques du grès et du ciment calcaire; quand celui-ci devient très abondant, la roche passe à de véritables calcaires : il y a continuité complète entre ces deux catégories de roches sur tout le pourtour du Massif cristallin.

Un exemple de ce cas est fourni par les grès intercalés dans les tillites de la vallée de l'Imaloto; les éléments clastiques y sont formés par du quartz, des feldspaths, du grenat dont des grains plus gros se distinguent souvent à l'œil nu sur un fond compact, noir ou gris. Ces éléments clastiques sont englobés par de la calcite finement grenue; le même minéral forme des croûtes fibreuses autour de certains éléments clastiques. Quelquefois, on distingue dans la roche des lits ou des flammes de couleur plus foncée, dans lesquelles le ciment est encore plus prédominant.

Plus souvent, dans les grès, les éléments détritiques sont beaucoup plus importants comme masse que le ciment qui réunit seulement des grains quartzeux pressés les uns contre les autres. Les assises permo-liasiques de toute la bordure occidentale du Massif cristallin fournissent d'innombrables exemples de ce cas, observables aussi bien dans les grès fins que dans les conglomérats qui leur sont associés.

Comme autres exemples, je citerai les grès sénoniens blancs de la Montagne des Français (col d'Ambararata), du mont Carré, de la baie du Tonnerre (Bobaomby) qui sont parfois à peine cimentés, surtout aux affleurements; ceux du cap Diego (Sénonien ou Nummulitique), de Windsor Castle (Cénomanien), de Berambo (Albien) (grès à grain fin et grès à cailloux de quartz et de microcline avec souvent beaucoup de fossiles).

Le mécanisme de la production de ce ciment calcaire peut être facilement suivi dans les grès de formation actuelle de la côte de l'Extrême Sud, notamment aux environs de Fort-Dauphin et aussi sur la côte orientale [entre Foulpointe et Tamatave; entre la pointe de Takoandro et l'Iasafo; entre Rangazava et l'Ivoloina; baie de Maitsoarivo, au voisinage des récifs côtiers], chaque grain du sable quartzeux (renfermant parfois de la magnétite, du zircon, des feldspaths, de l'amphibole, des débris de coquilles), est entouré, dans les endroits à l'abri du vent, par une enveloppe de petits grains de calcite orientés d'une façon quelconque ou bien par une envelope fibrolamellaire du même minéral qui comble ensuite peu à peu tous les intervalles. Ce phénomène fournit, à la surface du sol, des croûtes résistantes, semblables à celles qui ont été observées[1] dans les mêmes conditions[2], sur la côte Sud de la Colonie du Cap.

1. Rogers et Du Toit, *Geology Cape Colony*, 1909, p. 398.

2. Les sables récents de la côte Sud-Ouest au pied de la falaise calcaire éocène, haute de 75 à 200 mètres sont souvent cimentés par de la calcite, mais celle-ci est déposée par des sources incrustantes. Il se forme ainsi localement de véritables travertins, dans lesquels se trouvent des ossements d'Æpyornis.

Dans beaucoup de grès, la roche conserve cette structure. Mais souvent aussi, la calcite recristallise et la roche devient très cohérente; d'ordinaire elle recristallise en petits grains diversement orientés, mais très fréquemment à Madagascar, elle prend la forme de gros cristaux englobant un nombre plus ou moins considérable de grains clastiques; grès permiens de l'Imaloto; grès triasiques de Tsinaloka (rive du Mahajilo, près Miandrivazo, la calcite est maclée suivant b^1); grès triasiques à végétaux et grès bajociens avec Lamellibranches de Beronono; grès liasiques (avec empreintes végétales et quelques oolithes calcaires) de la région d'Ampasindava; grès oxfordiens du Nord de Mandabe; grès grossiers, à 15 kilomètres au Nord de Mahabo; grès du Jurassique d'Andranosamonta, se débitant en plaquettes, sur la surface desquelles se concentrent des lamelles de muscovite; grès à grain fin du Sénonien de la côte orientale (Marohita); grès pléistocènes passant à des calcaires à *Tridacna* d'Oranjia (leur surface est constituée par des sables d'un rouge orangé, contenant encore de la calcite) et de l'Ouest d'Andravy (Bobaomby). Enfin, il existe des cas dans lesquels les cristaux de calcite possédent d'énormes dimensions, fournissant des clivages de plusieurs centimètres de diamètre et rappelant ainsi les célèbres cristaux du grès de Fontainebleau, mais sans formes géométriques distinctes : 6 kilomètres Nord de Bekopaka; environs d'Ankaramy et divers points avoisinant la baie d'Ampasindava.

Grès glauconieux. — Dans tous les grès précédents, le minéral d'origine chimique qui accompagne les éléments clastiques constitue un ciment; dans les grès glauconieux, au contraire, il se trouve en petits grains arrondis à la façon des minéraux détritiques. C'est cette glauconie qui donne à ces grès leur couleur plus ou moins verte. Le ciment est de nature variée, parfois assez peu abondant pour que la roche reste presque incohérente. Ces grès sont souvent très fossilifères; ils sont, à Madagascar, d'âge crétacé. Je citerai ceux de l'Albien de Behena près Belalandy (Ambongo) et de la région de la Hopy, entre Andranomavo et Sitampiky; puis les grès cénomaniens du signal Andranomody à Oranjia (baie d'Antsirana) dont les grains de quartz et de glauconie sont très irréguliers au milieu d'un ciment calcaire très abondant. A la Montagne des Français, près du col d'Ambararata, le ciment est marneux; la glauconite et le quartz sont accompagnés de microcline et de muscovite clastiques; ce dernier minéral est localisé sur les plans de délit. Les grès turoniens à Dinosauriens de la région de Betioky sont assez riches en glauconie accompagnée de beaucoup de microcline, ce sont des arkoses glauconieuses. D'une façon générale, aux affleurements de tous ces gisements, la glauconie s'oxyde et se transforme en limonite (imprégnée de silice) qui colore la roche en jaune. Dans la vallée du Rodo (Ankarongana) le développement de cet

hydroxyde masque la couleur verte de la glauconie, malgré l'abondance de ce minéral à l'état intact.

Dans la vallée de l'Imaloto, il existe des types dans lesquels aux grains clastiques s'ajoutent de véritables petits cailloux ; tel est le cas des grès riches en ossements de Sauriens des environs de Benenitra. Enfin, dans la partie moyenne du complexe permien de Sakamasay, se trouvent de véritables conglomérats à blocs de granite, de gneiss, de cipolins, d'amphibolites, réunis par un ciment calcaire qui englobe du sable provenant de la trituration de ces mêmes roches.

β. **Conglomérats.** — Au milieu des grès triasiques-liasiques de la bordure du Massif cristallin, il existe des conglomérats à ciment calcaire; on peut citer aussi ceux de la base du Sénonien du Nord de l'île (Ambohimarina), dans lesquels les galets ou cailloux à surface polie sont constitués par du quartz ou de la limonite.

d. — Grès à ciment de barytine.

Les grès triasiques à ciment calcaire ou siliceux de Bikera (Mahafaly) renferment de grosses concentrations, dans lesquelles le quartz est cimenté par de grandes plages poecilitiques de barytine, rappelant par leur aspect et leurs dimensions la calcite dont il a été question plus haut.

e. — Grès à ciment manganésifère.

La psilomélane terreuse cimente parfois des grès (entre Sakamare et la Teheza, au Nord de l'Onilahy) ; grès sénoniens entre Marovoay et Antsinjomitondraka ; grès nummulitiques d'Ampotaka sur les bords du Menarandra. La même particularité s'observe dans les quartzites du Massif cristallin, dans le bassin de l'Ivato.

Elle est à comparer à celle qui est bien connue dans les grès stampiens d'Orsay (Seine-et-Oise) où la psilomélane est un peu cobaltifère.

f. — Grès à ciment ferrugineux.

α. **Grès à ciment pyriteux.** — Ce type de grès, dans lequel les grains de quartz ou de feldspath sont réunis par de la pyrite ou de la marcasite, est exceptionnel. J'en ai vu de beaux exemples provenant du toit de la couche de houille de Morahariva : aux affleurements, la roche s'altère, les pyrites se transforment en limonite et les grains clastiques sont mis en liberté.

Des grès de même nature, passant à des accumulations de marcasite presque pure, se trouvent à la base du Sénonien du ravin d'Antanamitarana (affluent de la Betaitra). Ces grès pyriteux rappellent ceux de l'argile plastique de la région parisienne.

β. **Grès à ciment de sidérite.** — Intéressant, en ce qu'il peut mettre sur la voie de l'origine de certains grès limoniteux, est un grès jurassique de Maromandia; il est jaune et renferme des fossiles à test calcaire. Son ciment est constitué par de très petits rhomboèdres de sidérite, localement enveloppés poecilitiquement par des plages de calcite.

γ. **Grès à ciment de limonite.** — Des grès bruns, passant localement à des conglomérats, cimentés par de la stilpnosidérite et de la limonite qui ne sont pas des épigénies de pyrite, sont assez fréquents ; je citerai en particulier les grès à cassure conchoïdale, très éclatants, rappelant celle des grès lustrés, de Tambohazo à l'Ouest de Janjina ; les grès crétacés de la vallée de la Sakondry (Nord de Belamoty, etc.) et de celle de la Sakanavaka (région d'Ankazoabo ; ils renferment parfois des traînées de limonite intacte ou déshydratée et, dans ce cas, de couleur rouge) ; les grès nummulitiques du pays Mahafaly (Anabohitsy, Ampanihy, Vohibantaza) ; les sables consolidés des anciennes terrasses marines de la région de Vatomandry, etc.

Les sables quartzeux qui recouvrent les gneiss entre Brickaville et Ambila renferment des nodules pouvant avoir jusqu'à 10 centimètres de diamètre, qui sont constitués par des grains de quartz réunis par de la limonite; ils présentent fréquemment une cavité centrale en partie remplie par du sable mobile.

Les concrétions ferrugineuses de la surface des alluvions du Massif cristallin et des sédiments gréseux de l'Ouest sont de véritables grès ferrugineux à ciment très abondant (Cf. page 135).

g. — Grès et conglomérats à ciment argileux.

α. **Psammites.** — Les psammites sont des grès à grain fin, généralement riches en micas clastiques, disposés suivant les plans de fissilité, et dont le ciment est constitué par de l'argile colloïdale, généralement peu abondante.

Dans la région d'Andavakoera, il existe à la base du Trias des psammites, à débris végétaux indéterminables, si riches en paillettes de biotite qu'ils ressemblent à des micaschistes. Au microscope, on voit à côté des grains détritiques de quartz et de feldspath, des paillettes de biotite contournées et incomplètement orientées.

Il faut signaler aussi des lamelles microcristallines micacées, enveloppant des grains de quartz et constituant un rudiment de ciment : des grès micacés de la même région [entre Andranomafana (près Ankatoko) et Ankitokazo] renferment des moules de mollusques (*Myophories*).

Dans l'Ouest de l'île, se rencontrent des psammites très micacés, mais à éléments excessivement fins, ressemblant parfois à des schistes satinés; ils sont très fissiles et contiennent des plantes du Keuper. Ces roches sont brunes (Ambodimanga et Andronomarary près Malaimbandy), d'un jaune verdâtre (Amboriky, à 5 kilomètres Est d'Ankavandra) ou enfin jaunes (environs de Maevatanana).

Des grès non schisteux, à ciment argileux peu abondant (quartz, feldspaths, graphite, très peu de biotite), se trouvent dans le Permien du confluent de l'Ianapera et de l'Ibeaka : ils contiennent de la calcite, mais celle-ci est fournie par la décomposition sur place de grains de plagioclase. Des roches analogues se rencontrent dans la série liasique à l'Ouest de Mahajeba (région du Kizamahatako).

β. **Pélites, schistes pélitiques.** — Ces roches sont des boues, des vases, plus ou moins durcies, ne différant des grès à ciment argileux que par l'extrême finesse des minéraux clastiques qui les constituent et souvent aussi par la proportion plus abondante de l'argile ; une partie du mica en petites paillettes peut être secondaire. La fissilité des schistes pélitiques est due à des actions mécaniques; elle ne coïncide pas nécessairement avec les plans de sédimentation.

Ces schistes et argiles renferment souvent de la matière charbonneuse : quand celle-ci est abondante, la roche prend le nom d'*ampélite*; la pyrite, due à la réduction de sels de fer par des matières organiques, est fréquente.

Un exemple de pélite se délayant dans l'eau est fourni par les prétendues argiles à *Bélemnites* du Jurassique moyen d'Andranosamonta; leur couleur est le gris de souris à l'état sec, le gris blanc à l'état humide. Une pélite noire, très micacée, est associée aux calcaires glauconieux de l'Albien d'Ankomaka; un type gris assez micacé se trouve dans le Cénomanien de Berambo (à l'Ouest d'Andranosamonta).

Ce sont ces pélites qui, sous l'influence d'un métamorphisme général faible, se transforment en *phyllades* dont il a été question page 501 du tome II.

Dans le Trias d'Andavakoera, des schistes pélitiques, durs et assez fissiles, sont riches en fossiles; leurs éléments clastiques, très fins, sont surtout constitués par du quartz; il faut signaler aussi des ponctuations de calcite. Au milieu de ces roches, se trouvent des portions plus dures, formant des *miches* ovoïdes et aplaties qui se divisent facilement par le choc en deux parties à peu près égales, mettant au jour le moulage en creux et en relief d'Ammonitidées et de Poissons fort bien conservés.

Des roches pélitiques, souvent carburées, tantôt dures, tantôt tendres, fissiles ou non, localement riches en Ammonites, en Lamellibranches, en Gastéropodes et parfois en Plantes, jouent un rôle important dans le Lias supérieur de la région d'Ampasindava (Ambariotelo, etc.) et de Nosy Be. Les feldspaths, les micas sont plus abondants parmi les éléments clastiques que dans les roches précédentes, qui sont plus argileuses. Ces roches, parfois un peu calcaires, sont métamorphisées à leur contact avec le granite à riebeckite et les syénites néphéliniques, en donnant naissance à des cornéennes (Cf. tome II).

En terminant, je signalerai que le Lias de la vallée du Sambirano renferme des schistes pélitiques durs, d'un rouge de sanguine, colorés par de la limonite, en partie déshydratée.

γ. **Tillites.** — Comme composition, ces roches se rapprochent du type précédent, mais elles en diffèrent par leur origine.

Depuis quelques années, on connaît dans diverses régions de l'Afrique australe, du Canada[1], etc., des formations glaciaires d'âge paléozoïque. Au point de vue lithologique, elles sont constituées par une roche qui a la composition de l'argile à blocaux (*Boulder clay*) constituant les moraines de fond des glaciers actuels : dans une pâte non stratifiée, formée de sable argileux, se trouvent des blocs à angles arrondis, et parfois striés, des roches constituant la région ou de roches venant de fort loin ; ce n'est pas une argile, puisque la roche est dure et résistante, ce n'est pas un conglomérat, car la proportion de blocs peut être très petite ou même devenir nulle. Un nom spécial, celui de *tillite* (Penck) paraît donc légitime.

Colcanap a rencontré à la base du Paléozoïque de la région de Benenitra des roches répondant à la description qui vient d'être faite. Elles ont été comparées par M. Boule au conglomérat de Dwyka de l'Afrique australe.

A l'état intact, les tillites malgaches ont une pâte noire, jaunissant par oxydation : les galets et les blocs sont constitués par toutes les roches de la bordure voisine du Massif cristallin (gneiss, leptynites, cipolins, granites, etc.) : on voit souvent des grains de grenat dans cette pâte. Au microscope, celle-ci se montre constituée par des fragments anguleux de quartz, de feldspaths (orthose, microcline, plagioclases) remarquablement frais, de grenat, de biotite et aussi de menus fragments des roches précédemment énumérées : le tout est cimenté par de l'argile colloïdale.

Je ne crois pas que l'on ait observé de stries sur les cailloux de ces tillites ; il semble toutefois difficile d'échapper pour elles à l'interprétation qui a été donnée pour expliquer l'origine des roches analogues de l'Afrique australe ; si cependant

1. A.-W. Rogers et A.-L. du Toit, *An introduction to the geology of Cape Colony*, 1909, 170. — A.-P. Coleman, The lover huronian Ice age, *J. of Geology*, XVI, 149, 1908.

l'on n'accepte pas cette hypothèse, la structure chaotique et l'association d'énormes blocs en semblables proportions avec des matériaux fins ne peut être attribuée qu'à l'action de torrents boueux (Cf. t. I, p. 58).

III. — ROCHES SILICEUSES NON DÉTRITIQUES.

A. — *Opale d'origine végétale.*

(*Randannite.*)

La randannite est une roche d'origine végétale, essentiellement constituée par des frustules de Diatomées. Elle est blanche, terreuse, et s'émiette sous la pression du doigt.

Je ne la connais [198] à Madagascar que sur les bords du ruisseau de Sandrangoty, au Nord du mont Raynaud. Elle forme une couche intercalée dans des tufs basaltiques; la composition est la suivante (M. Raoult) : SiO^2 soluble dans les alcalis 73,10 : quartz 2,90; TiO^2 1,24; Al^2O^3 6,24; Fe^2O^3 1,80; FeO 0,85; MgO 0,07; CaO 0,80; Na^2O 0,39; K^2O 0,18: P^2O^5 0,12; H^2O + 6,67; H^2O — 8,87 = 100,23. Cette composition est celle d'une randannite impure, remarquable par sa haute teneur en TiO^2 qui est due, ainsi que l'alumine et les autres éléments non siliceux, à la constitution du sol volcanique latéritisé de la dépression lacustre dans laquelle ont vécu ces Diatomées.

L'examen microscopique fait voir que la roche, formée de produits uniquement colloïdes, est riche en Diatomées allongées, parmi lesquelles dominent *Rhopalodia vermicularis* et des espèces voisines qui n'étaient connues que dans les grands lacs africains (Nyassa, Tanganika, Victoria Nyanza) et leurs affluents, où elles vivent dans le plankton de surface ou parmi les algues ou encore sur les rochers. Je dois cette détermination à M. L. Mangin.

Ce gisement de randannite est à comparer à ceux qui abondent dans la France centrale[1].

B. — *Opale et quartz formés par concrétion (silex, etc.).*

α. **Silex.** — J'ai signalé tome I, pages 218 et 272, des cas nombreux de formation de rognons d'opale (postérieurement transformés en silex et en calcé-

1. *Minéralogie de la France et de ses Colonies*, t. III, p. 326. On trouvera, page 205 du tome II, des renseignements sur la formation actuelle d'un dépôt à Diatomées riche en calcite aux griffons de la source thermale d'Antsirabe.

doine concrétionnée) dans les sédiments de nombreux niveaux du Jurassique et du Tertiaire, ainsi que sur l'existence d'énormes troncs d'arbres silicifiés (opale et quartz) dans le Trias de l'Ouest et dans le Jurassique de Port-Bergé (Andilamavo). Je n'y reviendrai pas, je signalerai seulement deux gisements nouveaux présentant quelque intérêt.

Dans les argiles à Dinosauriens de Mahabo (Boina), M. Perrier de la Bathie a recueilli des rognons de silex d'un vert poireau dans leur partie centrale, et jaunes à l'extérieur. Leur surface est curieusement cloisonnée par retrait, avec des arêtes arrondies.

D'Ambevongo, près de Port-Bergé, c'est-à-dire d'une région de calcaires jurassiques, j'ai vu une roche singulière, jaune, finement grenue et creusée de nombreuses petites cavités parfaitement sphériques, de dimensions égales, dont la surface est hérissée de petits cristaux blancs. La masse est constituée par du quartz translucide, coloré en jaune par de la limonite; la paroi des bulles est formée par des fibres de calcédoine. Ces cavités sont très certainement des restes organisés; M. Cayeux, auquel j'ai soumis cet échantillon, m'a suggéré l'hypothèse de spicules de Spongiaires globuleux. Cette roche est une concrétion d'opale transformée en quarzite.

β. **Calcaires silicifiés.** — Le Trias est recouvert entre Antanimavo et Besalampy, au Sud du cap Saint-André, par des lambeaux de calcaires oolithiques silicifiés. Les oolithes, de dimensions variées, laissent entre elles des vides. Elles sont transformées en grains de quartz rendus troubles par des ponctuations de calcite. Localement, les intervalles des oolithes sont en partie comblés par des plages de quartz limpide, englobant des silhouettes de rhomboèdres de calcite ferrugineuse, partiellement dissoute et jalonnée par de la limonite[1].

Je dois à M. Perrier de la Bathie des silex à cassure conchoïde résultant de la transformation du calcaire à Nummulites de Mangasoa au Nord de Majunga ; la structure originelle, et notamment la forme des organismes, n'a été que peu altérée par la quartzification; celle-ci consiste en production de petits grains de quartz, de concrétions de calcédonite et de pseudocalcédonite. C'est là un phénomène de *meuliérisation* comparable à celui qui est si fréquent aux dépens des calcaires lacustres du bassin de Paris.

1. Ces oolites silicifiées sont à comparer à celles de Pensylvanie souvent décrites et, le plus récemment, par M. E.-S. Moore (*J. of Geol.*, t. 20, 1912, p. 259), ainsi qu'à celles connues dans quelques gisements français, Selle-Bruyère près Saint-Amand (Cher); Dordogne etc.



Fig. 1.

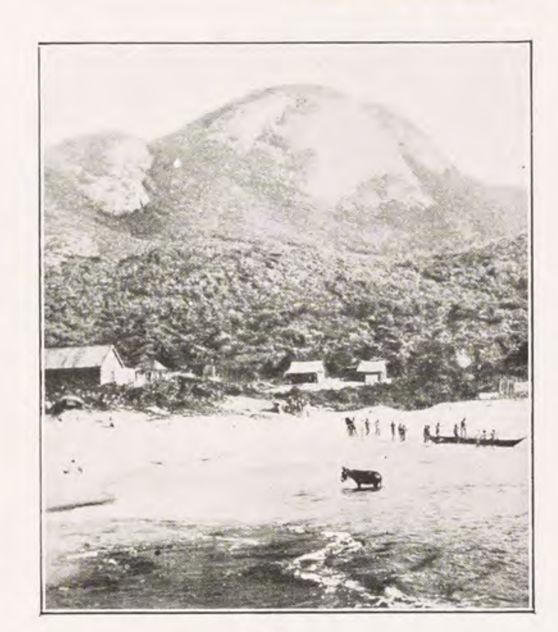


Fig. 2.

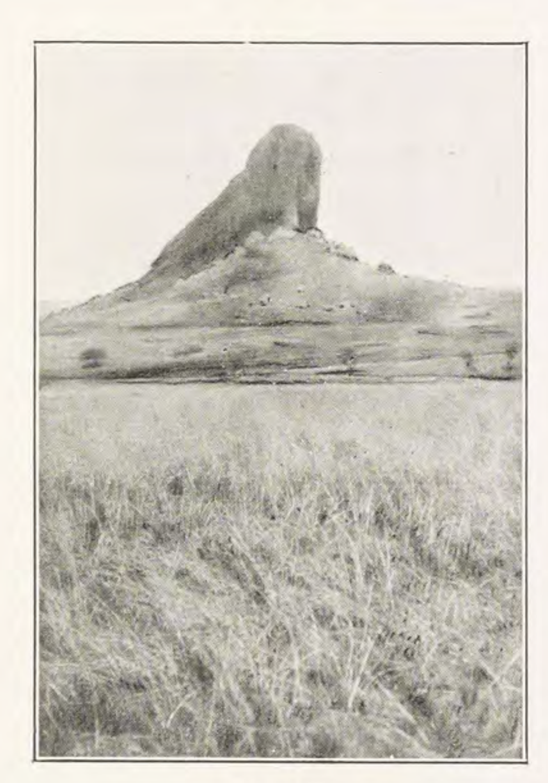


Fig. 3.



Fig. 4.

Désagrégation du granite; Imandrazaka (fig. 1); mont Vohitsandriana (fig. 2); mont Vohimalaza (fig. 3); Ambohiniazy (tombeau du roi Andriambahoaka) (fig. 4).

CINQUIÈME DIVISION

ALTÉRATIONS DES ROCHES

CHAPITRE PREMIER

LES ALTÉRATIONS DES ROCHES SILICATÉES ALUMINEUSES
(*Latérite et terre rouge.*)

Madagascar est, par excellence, un *pays de terre rouge* et c'est le manteau sanglant de celle-ci, recouvrant la plus grande partie de l'île, cachant souvent ses roches sur de vastes espaces, qui contribue à donner à ses paysages leur aspect si caractéristique. La toponymie malgache est éloquente à cet égard. On y rencontre, à chaque pas, les *Ampapamena* (butte rouge), *Andilamena* (col rouge), *Anjiamena* (sables rouges), *Ankadimena* (*Antevamena*) (ravin rouge) et les innombrables *Ambatomena* (pierre rouge), *Ambohimena* (colline rouge), *Andranomena* (eau rouge), *Antanimena* (terre rouge), etc.

Géologues et voyageurs n'ont pas manqué de comparer cette terre rouge à celle de l'Inde et de la désigner, comme elle, sous le nom de *latérite*, sans d'ailleurs se rendre compte de ce qu'ils désignaient sous ce nom.

Afin de bien poser la question, je la traiterai tout d'abord d'une façon générale, en prenant pour base les conclusions des études qu'en 1913 je suis allé faire en Guinée et au Soudan[1], afin de chercher à élucider cette question, si importante, de l'altération des roches silicatées alumineuses sous les tropiques. Ce préambule constituera à la fois une entrée en matière et la conclusion des descriptions constituant les paragraphes qui suivent.

1. A. Lacroix. Les latérites de la Guinée et les produits d'altération qui leur sont associés. *Nouvelles Arch. Muséum*, t. V, 1913, p. 255-356, pl. X-XVII.

I. — HISTORIQUE.

Tous ceux qui ont visité les pays tropicaux ont conservé dans leurs yeux la vision de la terre rouge. Parmi ces pays, le plus anciennement étudié par les géologues, à ce point de vue, est l'Inde. En 1807, Buchanan a désigné[1] sa terre rouge sous le nom de *latérite,* tirant ce vocable de *later* (brique), non point, comme on l'a dit souvent, parce que cette terre a la couleur de la brique, mais parce qu'elle sert à en fabriquer.

Pendant trois quarts de siècle, ce terme est resté géologique et non point lithologique.

En 1898, Max Bauer généralisant les résultats de l'étude de quelques échantillons recueillis aux Seychelles, annonça[2] que, dans les pays tropicaux, la latérite, quelle que soit la roche originelle, déduction faite des minéraux non attaqués, est constituée par un mélange d'hydrates de fer, d'alumine et de titane dont les rapports seuls varient avec la composition primitive de la roche détruite. Ces recherches ont suscité de multiples mémoires, dans lesquels ont été mis en opposition le mode de décomposition des roches silicatées alumineuses sous les climats tempérés et celui réalisé sous les tropiques, la formation de *silicates hydratés d'alumine,* d'argiles, étant caractéristique des premiers, celle d'*hydrates,* spécifique des seconds. Mais, en 1908, Max Bauer, lui-même[3], puis Van Bemmelen[4] ont montré que cette première conclusion était trop absolue, les hydrates de la latérite étant généralement accompagnés de plus ou moins d'argile.

De nombreux travaux ont été publiés depuis lors par divers auteurs : sir Thomas Holland, MM. Scrivenor, Maclaren, Morrow Campbell, Arsandaux, Chautard et Lemoine, Simpson entre autres qui, tous, ont insisté sur la prédominance des hydrates d'alumine parmi les produits de la décomposition des roches des pays tropicaux, tout en variant sur l'interprétation du phénomène. Une intéressante mise au point de la question a été publiée, en 1911, par M. Leigh Fermor, qui a proposé[5] une classification des roches latéritiques, basée sur le point de vue auquel se sont arrêtés les géologues du Service géologique de l'Inde. C'est peu

1. *A Journey from Madras through the countries of Mysore, Canara and Malabar.* London, 1807, t. II, p. 441.
2. *Neues Jahrb. f. Min. u. Petr.*, 1898, p. 163.
3. *Ibid.* Beil. Bd. 1908, p. 39.
4. *Arch. néerl. sc. expér. et nat.*, t. XV, 1910, p. 284.
5. What is laterite?, *Geol. Magaz.*, t. VIII, 1911, p. 454, 507, 556



Fig. 1.

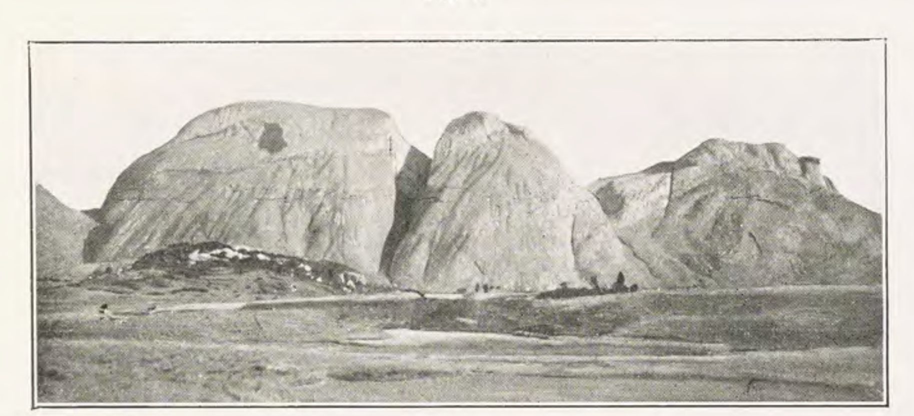
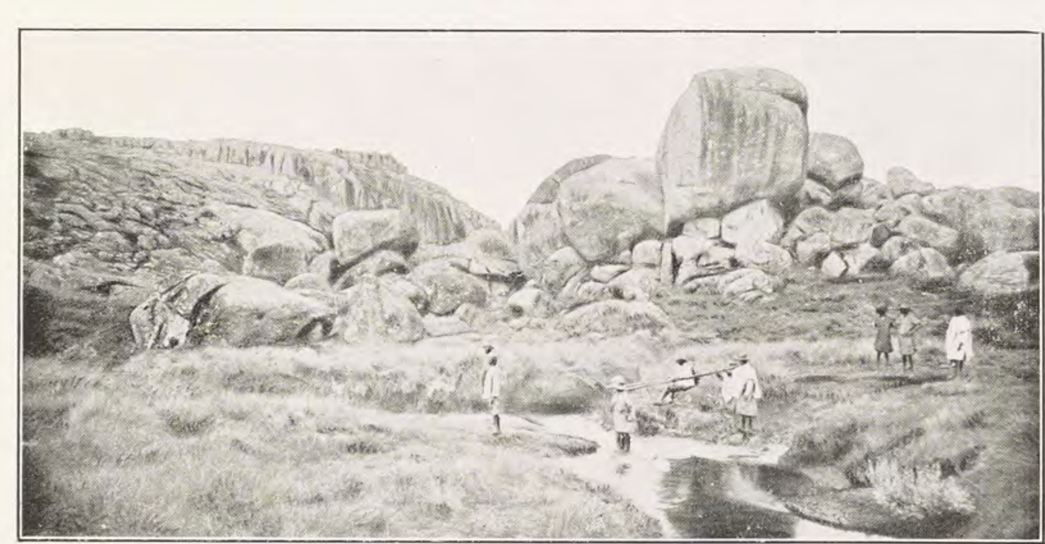


Fig. 2.



Clichés Allaud, Perrier de la Bathie, Vidal.

Fig. 3.

Désagrégation du granite. Imandrazaka (fig. 1); environs Ambalavao (fig. 2); Vavavato (fig. 3).

après que j'ai entrepris mon voyage en Guinée et au Soudan, et que j'ai publié le mémoire auquel il est fait allusion plus haut. Il a été l'objet de comptes rendus de M. L. Fermor[1] et de M. Morrow Campbell[2], qui ont présenté à son sujet quelques suggestions dont je ferai état plus loin.

Ma méthode de travail sur le terrain a consisté à chercher des coupes permettant de voir le contact de la zone latéritisée et de la roche sous-jacente intacte et d'y prélever méthodiquement des échantillons de façon à suivre, de bas en haut, à la fois leurs variations minéralogiques et leurs variations chimiques. Pour l'étude de celles-ci, les analyses en bloc doivent être prohibées et seules employées des attaques successives par l'acide chlorhydrique et l'acide sulfurique, afin de pouvoir faire la part de ce qui revient aux produits d'altération et aux minéraux anciens de la roche, notamment au quartz.

II. — COMPOSITION DES ROCHES LATÉRITIQUES.

A. — *Éléments latéritiques.*

Il faut tout d'abord préciser quels sont les produits formés au cours de la décomposition et qu'avec M. Fermor j'appellerai les *éléments latéritiques,* mais en ne les considérant plus exclusivement, comme il l'a fait, au point de vue chimique. Il est en effet nécessaire de tenir compte de la forme minéralogique sous laquelle ils se présentent; car ils offrent presque tous la particularité de se présenter sous deux phases distinctes, l'une, cristallisée, et l'autre, colloïdale. Ces minéraux sont uniquement des hydrates et des silicates.

Hydrates. — La phase cristalline de l'*hydrate d'alumine* est toujours l'*hydrargillite,* $Al^2O^3.3H^2O$, à l'exclusion du *diaspore* ($Al^2O^3.H^2O$); elle forme de petites lames, monocliniques, à contours hexagonaux, présentant parfois des macles polysynthétiques complexes (Cf. t. I, p. 275). La phase colloïde est constituée par des *alumogels* $Al^2O^3.3H^2O$ et $Al^2O^3.H^2O$ (Cf. t. I, p. 276) ; ce dernier est celui constituant le plus souvent la bauxite qui ne renferme pas deux molécules d'eau, comme on l'admet généralement.

L'*hydrate de fer* cristallin est la limonite, présentant d'ordinaire une structure fibreuse et une haute biréfringence. La phase colloïde constitue la stilpnosidérite.

1. The work of Prof. Lacroix on the Laterites of French Guinea. *Geol. Mag.*, t. II, 1915, p. 30, 77, 123.
2. Laterite, its structure and minerals. *Mining Magazine*, 1917, p. 67, 120, 171, 220.

C'est toujours sous une forme hydratée que se dépose ou se concrétionne le fer dans la latérite, c'est-à-dire sous une forme jaune, mais, sous l'influence des rayons solaires, aux affleurements, par suite, celle-ci se déshydrate et devient rouge. Beaucoup d'auteurs admettent l'existence d'un hydrate $2Fe^2O^3.H^2O$, appelé turgite (turite) dont je mets en doute l'existence comme colorant des roches latéritiques. Il me semble en effet plus probable que l'on se trouve en présence de limonite à des stades variés de déshydratation, comme dans le cas des pyrolusites, résultant de la déshydratation de la manganite.

Hydrates de manganèse. — Les hydrates de manganèse se présentent sous la forme de manganite ou de psilomélane ; très abondants dans l'Inde et au Brésil, ils le sont beaucoup moins dans les régions tropicales que j'ai personnellement étudiées.

Hydrates de titane. — Ces hydrates existant souvent en proportions qui ne sont pas négligeables, notamment dans les latérites de gabbros et de basaltes, font exception aux minéraux précédents, ils ne sont connus que sous une phase colloïdale, et il n'est pas possible de les déceler minéralogiquement. Comme une partie d'entre eux est soluble dans l'acide chlorhydrique et que l'autre y est insoluble, on est en droit de conclure qu'ils existent soit sous la forme $TiO^2.2H^2O$, soit sous celle de TiO^2,H^2O ; je les ai désignés sous le nom de *dœltérite*.

Silicates d'alumine. — Le silicate d'alumine cristallisé habituel est la *kaolinite* ($2SiO^2.Al^2O^3.2H^2O$), inattaquable par l'acide chlorhydrique, mais on trouvera plus loin décrite dans un gisement malgache cette variété de silicate d'alumine qui a été appelée leverriérite. Le seul silicate d'alumine colloïdal ou seulement cryptocristallin que j'ai constaté est l'*halloysite* ($2SiO^2.Al^2O^3.2H^2O+xAq$) ; il est possible cependant qu'il existe aussi des types plus siliceux, tels que la montmorillonite.

B. — *Classification des produits d'altération latéritiques.*

J'emploie la nomenclature suivante des produits d'altération latéritique :

I. *Latérites*, proprement dites, 100 à 90 pour 100 d'éléments latéritiques.
II. *Latérites argileuses*[1], 90 à 50 pour 100 d'éléments latéritiques.
III. *Kaolins et argiles latéritiques*, 50 à 10 pour 100 d'éléments latéritiques.
IV. *Kaolins et argiles*, moins de 10 pour 100 d'éléments latéritiques.

C'est là, un peu simplifiée, la classification proposée par M. L. Fermor ; elle s'en distingue cependant en ce qu'elle ne tient pas compte de la teneur en quartz ancien, dans le cas des roches originellement quartzeuses, tandis que M. L. Fermor

1. 5 pour 100 de SiO^2 correspondent à 10,72 pour 100 du silicate $2SiO^2.Al^2O^3.2H^2O$.

comprend ce quartz ancien dans le calcul des pourcentages, ce qui, pour les produits d'altération des gneiss et des granites, entraîne des différences considérables avec ma nomenclature.

En plus, je ne me contente pas de ces divisions chimiques ; j'estime, en effet, qu'il est essentiel de tenir compte de l'état, cristallisé ou non[1], dans lequel se trouvent les éléments latéritiques et cela est d'autant plus nécessaire que dans les deux régions que j'ai étudiées, l'Afrique occidentale et Madagascar, j'ai trouvé des cas tout à fait remarquables de latérites hautement cristallines et qui constituent l'une des caractéristiques des roches latéritiques de ces pays. Je qualifie donc chacune des roches faisant partie des divisions précitées de *gibbsitiques*[2] ou de *bauxitiques*, de *kaoliniques* ou d'*argileuses*, suivant que les hydrates et le silicate d'alumine sont cristallisés ou ne le sont pas. Il n'y a pas lieu de tenir compte de l'état physique du fer, car, généralement, ses deux phases sont associées.

J'emploie le terme de *latéritisation* pour désigner l'ensemble des phénomènes dans lesquels intervient la production d'hydrate d'alumine.

C. — *Modalités de la décomposition des roches silicatées en Guinée et au Soudan.*

La latérite *stricto sensu* est la phase terminale de la décomposition des roches silicatées alumineuses dans les pays tropicaux, elle *se trouve toujours à la surface* du sol, son épaisseur est souvent faible par rapport à celle des roches altérées. *La latéritisation n'est donc qu'un cas particulier de la décomposition des roches silicatées alumineuses*. Quand on étudie les relations de la latérite avec la roche primordiale on distingue deux modalités différentes, que je considérerai, en soi, avant de chercher à les interpréter. En Guinée et au Soudan, où le phénomène se présente sous la forme la plus complète, j'ai distingué, à partir de la roche intacte, deux zones superposées que j'ai désignées sous le nom de *zone de départ* (à la base), et de *zone de concrétion* (au sommet).

Cette division est faite pour la commodité de l'exposé, car il y a passage de l'une des zones à l'autre. Leur limite arbitraire est le point où la structure originelle de la roche primordiale cesse d'être perceptible pour faire place à une structure nouvelle. On pourrait parler plus exactement de zone de maximum de départ

1. C'est pourquoi je n'accepte pas le nom de *bauxite* pour désigner toutes les latérites essentiellement constituées par l'hydrate d'alumine ; j'ai montré en effet depuis longtemps (*Minéralogie de la France et de ses Colonies*, t. III, 1901, p. 342) que la bauxite française, qui a servi à décrire cette *roche*, ne renferme que des hydrates *colloïdaux*, alors qu'il existe des latérites uniquement alumineuses, dans lesquelles l'hydrate d'alumine est formé exclusivement par l'hydrargillite *cristallisée*.

2. *Gibbsite* est synonyme d'hydrargillite, terme qui ne se prête guère à la construction d'un qualificatif.

et de zone de concrétion et de maximum d'oxydation, car la caractéristique extérieure du phénomène réside dans la décoloration plus ou moins avancée dans la zone inférieure et la coloration jaune ou rouge, de plus en plus intense de la zone supérieure, à mesure que l'on se rapproche de la surface.

On voit que ces deux divisions sont basées sur des particularités minéralogiques indiscutables. Je les ai dénommées en me basant sur une interprétation, elles subsistent même si l'on n'accepte pas celle-ci.

a. — Zone de départ.

Dans cette zone, les silicates originels sont décomposés ; la plus grande partie des alcalis, de la chaux, de la magnésie a disparu.

Deux types minéralogiques doivent être distingués suivant que tout ou partie de la silice a été éliminé. Ils constituent les *latérites* argileuses *gibbsitiques* et les *argiles* (ou kaolins) *latéritiques bauxitiques*.

α. **Latérites argileuses gibbsitiques.** — Ce type est réalisé en Guinée et au Soudan aux dépens des syénites néphéliniques et des gabbros. La transformation est brusque, sans transition ; sur moins d'un millimètre, l'on passe de la roche absolument intacte à un type dans lequel il n'existe plus un seul des minéraux initiaux. Au point de vue minéralogique, les feldspaths, quels qu'ils soient, sont transformés en paillettes d'hydrargillite qui restent sur le cadavre feldspathique, constituant une masse cloisonnée légère conservant à la roche une certaine cohésion. Les minéraux ferromagnésiens sont transformés en une poussière légère, mélange de limonite et de silicate d'alumine. J'ai appelé cette texture la *texture en pain d'épice*, à cause de l'aspect de la roche résultante.

L'examen chimique fait voir que dans les latérites de roches basiques, les rapports de l'alumine, du fer (calculé entièrement en Fe^2O^3) et de l'acide titanique sont, à l'origine, sensiblement les mêmes que dans la roche intacte, mais lorsqu'on recueille des échantillons éloignés du contact, on voit que, très rapidement, la teneur en Fe^2O^3 diminue et que celle en alumine augmente par rapport au titane.

β. **Latérites ferrugineuses.** — Dans le cas des latérites de péridotites très peu alumineuses, les minéraux ferromagnésiens se décomposent comme dans les gabbros, en produits colloïdaux ferrugineux renfermant un peu d'alumine. Il se produit ainsi une roche ocreuse légère.

γ. **Argiles et kaolins latéritiques.** — Ce mode d'altération est constant pour les granites, les gneiss, les micaschistes.

A l'inverse du cas précédent, l'altération n'est pas brusque; elle est progressive, la roche intacte est rarement visible, les micas perdent leurs alcalis et fixent de l'eau; les feldspaths se kaolinisent ou se transforment en silicate d'alumine colloïdal, avec plus ou moins d'hydrate d'alumine, également colloïdal, dont la teneur augmente progressivement en allant vers la surface.

De tout ce qui vient d'être exposé, on peut conclure, en résumé, qu'en Guinée, la transformation brusque, gibbsitique, et la transformation ménagée, argileuse, sont respectivement caractéristiques de roches différentes.

b. — Zone de concrétion.

Dans cette zone superficielle, le phénomène de décomposition s'achève; peu sensible dans le cas des gabbros, puisque dès le début, la presque totalité de la silice a été éliminée, il prend une grande importance dans le cas de transformation lente par l'intermédiaire de silicates d'alumine. De plus en plus, on voit la proportion du fer augmenter vers la surface, où il se concentre, puis des phénomènes de concrétion, tendant à la séparation du fer et de l'alumine[1], se manifestent, avec une importance croissante, pour atteindre leur maximum près de la surface où se voit une cuirasse continue, résistante, dans laquelle parfois le fer peut devenir assez abondant pour constituer un minerai.

Deux modalités particulières sont à distinguer, en rapport avec la constitution de la zone qu'elle surmonte.

α. **Latérites gibbsitiques.** — Le résultat de la concentration du fer est visible à l'œil nu; mais celle de l'alumine demande le secours du microscope; il permet de voir que, peu à peu, l'hydrargillite a comblé tous les vides des feldspaths de la texture en pain d'épices, puis ceux laissés par les minéraux ferromagnésiens. L'hydrargillite jouit donc bien de la propriété d'être dissoute par les eaux, puis de recristalliser. Il est des types qui prennent ainsi une véritable structure microgrenue, dans laquelle on ne reconnaît plus rien de la structure originelle. C'est dans les fissures de cette zone de concrétion, que se rencontrent les belles stalactites d'hydrargillite des latérites du Brésil qui ornent toutes les collections[2].

1. Cette tendance à la séparation des deux hydrates est sans doute une conséquence de ce qu'ils ne constituent pas de mélanges isomorphes en passant à une phase cristalline.

2. Au Brésil (Miñas Geraës), ces beaux échantillons d'hydrargillite concrétionnée fibreuse tapissent des cavités ou recouvrent les galets d'un conglomérat superficiel recouvrant les latérites bauxitiques de micaschistes.

β. **Latérites bauxitiques.** — Dans la zone de concrétion, qui, en Guinée, surmonte les kaolins et les argiles latéritiques, l'hydrate d'alumine ne se présente qu'à l'état colloïdal, sous forme d'alumogel ($Al^2O^3.H^2O$ en général), qui, peu à peu, s'hydrate pour donner naissance à l'hydrargillite ($Al^2O^3.3H^2O$), mais d'une façon toujours incomplète.

Dans le cas de roches très ferrifères, la zone de concrétion est surtout constituée par de la limonite ou de la stilpnosidérite qui arrivent à constituer un véritable minerai de fer industriellement exploitable[1] (région de Conakry).

L'une des caractéristiques de la cuirasse latéritique consiste dans l'abondance des formations pisolitiques. L'opinion, qui a été émise que ces pisolites, lorsqu'ils sont très ferrugineux et très abondants, ont été formés dans des lacs, dans des eaux en mouvement, est certainement inexacte pour tous les gisements que j'ai observés. Comme ceux des argiles de décalcification des calcaires, ces pisolites résultent d'une concrétion effectuée en milieu solide : leur forme, leurs dimensions, dépendent de l'état physique du milieu dans lequel ils se produisent. L'optimum de ces conditions est réalisé quand le milieu est homogène et dépourvu d'une quantité importante de minéraux de grandes dimensions. Ainsi s'explique l'abondance de ces pisolites dans la cuirasse latéritique des micaschistes, des alluvions, des argiles, à éléments très fins.

Les pisolites ferrugineux se forment dans les gisements les plus variés, car l'hydrate d'oxyde de fer est ubiquiste. En Guinée, les pisolites alumineux ne se trouvent guère que dans la cuirasse recouvrant les argiles latéritiques, cela tient sans doute à ce que dans la cuirassse recouvrant la latérite gibbsitique, lorsque l'hydrosol alumineux traverse un milieu entièrement cristallisé, les cristaux d'hydrargillite servent de germe et entraînent la cristallisation.

γ. **Durcissement de la latérite.** — On a parfois donné cette propriété comme caractéristique de la latérite ; cela n'est point exact, les latérites gibbsitiques, c'est-à-dire, de véritables latérites ne durcissent pas à l'air. Cette propriété ne s'observe que dans les types renfermant des hydrates colloïdes, elle paraît être une conséquence de la perte d'une partie de leur eau.

D. — *Les phénomènes d'altération à Madagascar.*

A Madagascar, les phénomènes de décomposition conduisent aux mêmes types généraux qu'en Afrique occidentale, mais j'ai relevé des différences de modalité très notables. Je ne puis aborder que d'une façon préliminaire leur discussion, car

1. Dans tous les pays tropicaux, et Madagascar ne fait pas exception, ce sont les minerais de fer latéritiques que les indigènes exploitent pour leurs besoins.

je suis imparfaitement documenté sur la question. Je n'ai pas eu pour l'étudier les facilités que m'a fournies, en Guinée, l'étude des tranchées du chemin de fer de Conakry au Niger et je n'ai pu profiter des enseignements que celle-ci m'a procurés puisque mon exploration à Madagascar est antérieure. D'autre part les conditions de mes observations n'ont pas été absolument comparables dans les deux régions ; si en Afrique occidentale elles ont été faites sur de vastes espaces, ceux-ci sont limités en latitude (entre le 9° et le 12° de latitude Nord) et en altitude (de 0 mètre à 600 mètres), par suite mes recherches ont été effectuées dans une région où les conditions générales varient peu. Mes observations à Madagascar, au contraire, correspondent à des points disséminés sur 14 degrés, entre les parallèles de 12 et de 26° de latitude Sud, et entre les bords de la mer et 2 000 mètres d'altitude[1]. M. Perrier de la Bathie a bien voulu, il est vrai, avec la plus grande obligeance, se prêter à toutes les constatations que je lui ai demandées, mais il serait nécessaire d'entreprendre sur ce sujet des recherches plus systématiques; elles seraient certainement très fructueuses, en raison des conditions exceptionnelles que fournit la Grande Ile, grâce à son développement si long suivant le méridien, avec en outre des variations considérables d'altitude et de conditions climatériques. Il serait utile de suivre le sort d'une même roche en fonction des facteurs suivants : latitude, altitude, conditions climatiques, intensité de la végétation (steppe herbeuse ou forêt) ; influence de micro-organismes, etc. Cette question aurait une grande importance au sujet de la discussion de la composition et de l'origine des sols : pour être bien traitée elle demanderait des ressources et du temps qui m'ont manqué.

Quoi qu'il en soit, les observations que j'ai recueillies conduisent à quelques conclusions qui pourront servir de point de départ à des études ultérieures.

A l'inverse de ce qui a été exposé plus haut pour la Guinée, il n'existe pas à Madagascar de spécialisation de l'un des modes de transformation aux dépens de certains types lithologiques ; on trouvera plus loin décrits des exemples de latérite gibbsitique formée, non seulement aux dépens des gabbros et des syénites néphéliniques, mais encore à ceux des pegmatites, des granites et des gneiss. Les latérites gibbsitiques se produisent donc par la décomposition de toutes les roches feldspathiques. Réciproquement, les transformations argileuses s'y forment au détriment de toutes les roches possibles, elles réalisent même le type le plus fréquent, c'est lui qui donne naissance essentiellement à la *Terre rouge*[2].

1. Au-dessus de cette altitude, le phénomène ne se produit pas. Les roches des sommets gneissiques, granitiques et syénitiques de l'Andringitra du Sud se désagrègent comme sous les climats tempérés.

2. Des analyses données plus loin, il résulte que l'hydrate d'alumine qui y est le plus fréquent est celui à $3H_2O$.

En ce qui concerne les latérites gibbsitiques de gabbros et de syénites, il existe une identité complète pour la zone de départ à Madagascar et en Guinée et je ne saurais distinguer une latérite gibbsitique, à structure en pain d'épice, provenant de l'une ou l'autre de ces régions. Là aussi, la limite de la transformation totale est brusque, une même préparation microscopique permettant de voir la roche absolument intacte, en contact avec la latérite dépourvue de tout minéral ancien.

Il n'en est pas de même pour la latérite gibbsitique formée aux dépens des pegmatites, des granites et des gneiss. Je décrirai plus loin des pegmatites dont les feldspaths se transforment, peu à peu, le long de leurs clivages en un mélange d'argile colloïdale et d'hydrargillite.

La zone de concrétion, qui est si remarquablement nette en Guinée, n'est souvent guère distincte à Madagascar. Je n'ai vu nulle part sur les gneiss ou sur les micaschistes de *cuirasse ferrugineuse* ou *bauxitique* continue sur de grandes surfaces comparable à celle de la région de Fatoya, en Guinée. Une telle cuirasse n'a été reconnue jusqu'ici que sur quelques *Tampoketsa*, homologues des bowals de la Guinée (latérite bauxitique), sur quelques coulées basaltiques de l'Ankaratra et de la côte Sud orientale, où elle est en voie de destruction par l'érosion.

Quant à une *cuirasse gibbsitique*[1], comparable à celle des coulées basaltiques de la Guinée ou des syénites des îles de Los, je n'en connais pas d'une façon certaine à Madagascar. Il semble que les phénomènes de transport et de recristallisation de l'hydrargillite pour donner naissance à des roches microgrenues, y soient extrêmement rares. Les quelques exemples de latérite de ce genre, décrits plus loin, et qui proviennent de granites, ont été observés sur des échantillons que je n'ai pas vus en place et que, par analogie seulement, je suppose provenir des portions tout à fait supérieures de la zone latéritisée. Partout où j'ai vu des affleurements latéritiques sur les Hauts Plateaux, le maximum de transformation consiste en roches caverneuses, dans lesquelles la structure initiale du feldspath est restée distincte et leurs masses cloisonnées, à aspect de tuf calcaire, ont toujours leurs cavités remplies de kaolin.

Les phénomènes qui viennent d'être passés en revue se produisent aux dépens des roches éruptives et des schistes cristallins, mais il existe aussi ce que j'appelle les *latérites alluvionnaires* et les *latérites d'alluvions*.

1. La cuirasse des Tampoketsa est bauxitique; elle recouvre bien des latérites gibbsitiques, mais on verra plus loin qu'elle n'est pas produite aux dépens de celles-ci, mais aux dépens d'éluvions intermédiaires.

E. — *Latérites alluvionnaires (latéritites).*

Les *latérites alluvionnaires,* que M. Fermor appelle *latéritites,* résultent de la démolition de latérites en place ; elles se forment dans le fond des vallées. Dans la zone de départ, constituée par la base de l'alluvion, l'hydrolyse des silicates alumineux s'achève. En Guinée, la cuirasse ferrugineuse qui la recouvre est identique à celle des roches en place ; il y existe seulement des débris clastiques. On y observe fréquemment le mélange de débris de roches variées.

F. — *Latérites d'alluvions.*

Les *latérites d'alluvions* consistent en une croûte ferrugineuse et alumineuse, se produisant dans le thalweg des ruisseaux et des rivières, aux dépens d'alluvions constituées par des débris de roches non latéritisées.

G. — *Latéritoïdes.*

Enfin, en terminant, je signalerai une production très abondante dans l'Inde, et dont j'ai trouvé des traces à Madagascar. C'est ce que M. Fermor a appelé *latéritoïde.* Elle consiste en concentrations superficielles de minerais de fer et de manganèse au milieu de quartzites ou de micaschistes qu'ils épigénisent peu à peu par métasomatose.

III. — INTERPRÉTATION DES PHÉNOMÈNES.

A. — *Mécanisme des transformations.*

Alors que l'on considérait le mode d'altération des roches silicatées alumineuses comme complètement différent sous les tropiques et sous les climats tempérés, des interprétations différentes ont été proposées pour expliquer leur genèse. Mais puisque sous les tropiques, et en particulier à Madagascar, coexistent l'altération silicatée et la latéritisation, réunies par tous les intermédiaires possibles, et qu'inversement l'alumine libre n'est plus inconnue dans les argiles des pays à

climat tempéré[1], il faut admettre que les deux modes de décomposition diffèrent par des degrés et non point par leur nature.

Bien que l'eau seule soit déjà susceptible d'enlever des alcalis aux feldspaths, il est probable que, dans l'altération silicatée, l'acide carbonique joue un rôle prédominant en donnant naissance à des carbonates solubles. Ces carbonates, joints aux acides humiques, résultant de la décomposition végétale[2] agissent simultanément sur les silicates originels des roches et d'autant plus énergiquement que la température est plus élevée. La chaux, la magnésie et une partie du fer (réduit à l'état de protoxyde) sont éliminés sous forme de bicarbonates solubles : la silice, enlevée par les carbonates alcalins, déplace à son tour l'acide carbonique de ceux-ci ; ce dernier est mis en liberté et le cycle recommence.

Actuellement, aucune réaction purement chimique n'est connue qui permette d'expliquer le mécanisme de la rupture du noyau kaolinique (dans kaolin ou feldspaths) dans les conditions de température et de pression réalisées à la surface du sol. L'opinion formulée par M. Campbell que les carbonates alcalins peuvent extraire des aluminates des silicates d'alumine est en contradiction avec les expériences de J. Lemberg et de M. Thugutt qui ont montré que, dans ces conditions, il se forme des alumo-silicates alcalins, avec dégagement de CO^2. En outre, MM. P. Zemjatchensky et V. Uexkül viennent de faire voir que le kaolin et les argiles sont un peu solubles, sans décomposition, dans l'eau contenant des carbonates alcalins, des alcalis, ou des acides minéraux.

On est ainsi conduit à envisager la probabilité de réactions biochimiques effectuées sous l'influence de microorganismes, ainsi que l'a suggéré déjà M. Th. Holland[3]. Quelques arguments peuvent d'ailleurs être fournis à cet égard. M. Vinogradsky et plusieurs autres savants ont démontré l'exactitude de l'ancienne hypothèse d'Ehrenberg sur le rôle des *ferrobactéries* dans la précipitation de l'hydrate d'oxyde de fer. M. Jackson a trouvé que le dépôt ocreux produit par le *Crenothryx* (Leptothryx) *ochracea* peut renfermer jusqu'à un tiers d'Al^2O^3 ; enfin M. W. Vernadsky vient de signaler[4] la formatiou d'hydrate d'alumine libre dans la décomposition du kaolin par des Diatomées en présence de Bactéries. Des recherches nouvelles sont nécessaires pour éclaircir cet important problème.

Une autre question se pose, celle de savoir si, comme je l'ai admis, la latéritisation peut se produire par deux modes distincts, l'un par l'intermédiaire d'une transformation en silicate alumineux, puis formation d'hydrate d'alumine col-

1. Edwards. The occurrence of Aluminium Hydrates in Clays. *Economic Geology*, t. IX, 1914, p. 112.
2. L'influence de la végétation sur la latéritisation me paraît tout à fait évidente aux îles de Los et elle ne l'est pas moins à Madagascar.
3. *Geol. Magaz.*, t. X, 1903, p. 59.
4. *C. Rendus*, t. CLXXV, 1922, p. 450.

loïde, l'autre par formation directe d'hydrargillite aux dépens des feldspaths[1].

M. Campbell plaide pour la négative. Pour lui, la transformation en argile est un stade préliminaire, nécessaire. La comparaison de la structure des produits de la transformation des syénites néphéliniques des îles de Los en argiles compactes et de ceux résultant de sa transformation en latérite gibbsitique cloisonnée (avec localisation de l'hydrargillite sur les cadavres des feldspaths), ne me permet pas d'admettre que cette dernière résulte de la première, la structure cloisonnée est acquise dès le début ; elle est la conséquence d'une grande diminution de volume due à la disparition des produits dissous[2]. M. W. Vernadsky, auquel j'ai soumis la question, ne voit d'ailleurs aucune objection théorique à la production directe de l'hydrargillite à partir des feldspaths.

Conditions climatiques. — On a fait remarquer depuis longtemps que la latérite est réalisée dans les pays soumis à une alternance de grandes pluies et de sécheresse, ou plus exactement dans ceux où il existe une périodicité dans les grandes pluies et dans les pluies moindres. Ainsi que l'a fait judicieusement observer M. Campbell, c'est moins cette alternance que l'une de ses conséquences qui est en jeu, l'intensité de la variation du niveau hydrostatique. Pendant la saison des pluies, celui-ci commence à s'élever dès que la quantité d'eau absorbée par le sol excède la quantité qui en part. La saison des pluies débute par de petites averses qui lavent le sol et entraînent peu à peu dans les parties sous-jacentes les carbonates alcalins et les acides humiques produits pendant la saison précédente. Il faut un temps assez long, pouvant atteindre plusieurs mois, pour que la saturation du sol soit complète. Pendant ce temps ces solutions relativement concentrées ont le temps d'agir sur les roches qu'elles imbibent et les phénomènes de dissolution se produisent, particulièrement dans la zone inférieure, où il y a davantage de silicates à attaquer ; ils augmentent progressivement l'étendue de celle-ci par le bas. Quand la saturation du sol est atteinte, par suite de l'arrivée de plus en plus grande de l'eau pluviale, les sources jaillissent de toutes parts, les plus petits ruisselets débordent et les produits de l'attaque sont entraînés dans les rivières, puis à la mer[3].

1. Dans son étude de la latérite de la Guyane anglaise, M. Harrison admet comme moi cette hypothèse, mais il pense que, seuls, les plagioclases donnent directement de l'hydrárgillite, alors que je conclue de mes observations que tous les feldspaths, quels qu'ils soient, jouissent de cette propriété.

2. Tous ces faits d'observation sont incompatibles avec l'hypothèse de M. Campbell, formulée de la façon suivante : Laterite *is not derived* (in the strict sense of the word) *from a rock*, but is the result of the gradual removal of the greater part of the mineral matter of the original rock, and the gradual *deposition in its plaec of lateritic constituants from passing solutions.* Dans le cas discuté l'on ne peut douter que l'hydrargillite a cristallisé dans le cadavre même du feldspath qui lui a fourni son alumine.

3. En Guinée, la silice est entièrement entraînée, je n'ai jamais rencontré dans cette région une seule

Pendant la saison sèche, une fois l'excès d'eau d'imbibition écoulé, le niveau hydrostatique s'abaisse davantage et, là encore, le cycle recommence. C'est pendant cette période de dessiccation que les solutions, renfermant du bicarbonate ferreux montant par capillarité vers la surface dans un milieu riche en oxygène, s'oxydent et que l'hydrate d'oxyde de fer se précipite sous l'influence d'une réaction biochimique. En même temps la dissolution, puis la recristallisation de l'hydrargillite de la zone superficielle, dans le cas des latérites gibbsitiques, la dissolution puis la concrétion de l'hydrate d'alumine colloïdal dans celui des latérites bauxitiques, permettent le remplissage des vides existant et contribuent à la production d'une cuirasse. C'est cet appel à la surface des eaux profondes, riches en fer, et la précipitation (en même temps que de l'hydrate d'alumine), après oxydation de celui-ci qui paraît fournir l'explication principale de la production de la cuirasse latéritique au voisinage de l'air.

Les relations intimes de la latéritisation avec les conditions climatiques[1] se voient nettement à Madagascar, grâce à son développement suivant le méridien. L'extrémité méridionale de l'île est en dehors de la zone tropicale, néanmoins, la disparition de la latérite ne se produit pas d'une façon uniforme au Sud du parallèle de Tuléar, mais d'une façon progressive, au Sud d'une ligne sinueuse orientée Nord-Ouest-Sud-Ouest et joignant à peu près Tuléar à Fort-Dauphin. Le pays Mahafaly et l'Androy en effet sont soumis à un climat sub-désertique, chaud et sec, à pluies très rares, l'on n'y voit plus de latérite. Au contraire, toute la bordure de l'Océan, jusqu'au voisinage de Fort-Dauphin, qui est sous l'influence du régime humide et chaud du reste de la côte, montre la persistance du phénomène de latéritisation, en dépit de la latitude.

Lieu de formation de la latérite. — Où se forme la latérite? Elle ne constitue pas le résultat d'une décomposition due à l'action directe de l'atmosphère (*weathering*) ni à celle du ruissellement de la pluie. Elle ne se forme pas sous l'eau permanente (lacs, ruisseaux, bords de la mer). Elle se produit actuellement encore, mais elle ne se produit pas sous nos yeux.

Mes observations en Guinée, aux îles de Los, montrent d'une façon très nette qu'elle ne se forme ni sur les surfaces verticales ni sur les pentes raides et l'on trouve à Madagascar des preuves de cette proposition dans les innombrables blocs arrondis, dans les rochers à parois verticales, qui de toutes parts, se dressent,

concrétion siliceuse. On verra plus loin qu'à Madagascar, au contraire, très fréquemment une partie de la silice reste en place ou est transportée ailleurs et se concrétionne sous forme d'opale.

1. M. Perrier de la Bathie a fait sur *La végétation malgache* (*Ann. Musée colonial de Marseille*, 3e série, t. IX, 1921, p. 1-268), une étude des plus suggestive dans laquelle en particulier il a mis en relief l'influence des facteurs physiques sur la flore.

de la terre rouge, intacts et d'une fraîcheur irréprochable[1]. Les planches 4 et 5 représentent des exemples de ces blocs ou de ces rochers, dépourvus d'enveloppe latéritique, qui reposent parfois sur un socle latéritisé.

J'ai cherché à montrer que la latérite ne se produit que dans une zone superficielle facilement et longtemps imbibée. M. Campbell pense que la transformation en argile se forme exclusivement à la base de la zone de circulation des eaux (*vadose water*), dans ce qu'il nomme la *zone de saturation constante*, où domine l'action de l'acide carbonique, alors que l'hydrolyse de l'argile ne serait possible que dans la zone de circulation aqueuse superficielle qu'il appelle la *zone de saturation intermittente*, comprise entre le niveau maximum auquel la capillacité peut élever les eaux de circulation, et le point le plus bas où peut pénétrer l'oxygène ; il insiste avec raison sur la nécessité de la présence de l'oxygène libre pour la production des hydrates et l'on peut ajouter que c'est là un argument en faveur de l'hypothèse biochimique et une explication de la cause du peu d'épaisseur habituelle de la véritable latérite.

La disposition horizontale des plateaux basaltiques et des plaines réalise l'optimum pour la production d'une cuirasse continue[2], mais, à mesure que la concrétion superficielle s'effectue, les conditions d'existence deviennent précaires pour la végétation ; celle-ci disparaît peu à peu, la stérilité des *bowals* de Guinée, des *Tampoketsa* de Madagascar est une conséquence de la latéritisation et non pas sa cause. Il paraît vraisemblable que la production d'une semblable cuirasse interrompant la communication des portions sous-jacentes avec l'extérieur riche en oxygène entraîne, à brève échéance, l'arrêt du phénomène de la latéritisation proprement dite.

Vieillissement et mort de la latérite. — Dans une même région, il existe des latérites d'âge différent, des latérites dont la production est certainement arrêtée et qui peut l'être depuis longtemps (leur âge pouvant peut-être se compter par étages géologiques), et d'autres qui sont en voie d'évolution. Depuis longtemps les géologues de l'Inde distinguent des *high-level laterites* et des *low-level laterites*.

En Guinée, la latérite des plateaux basaltiques, taillés à pic, est certainement une latérite fossile d'âge inconnu, mais antérieur au creusement des vallées : il en est de même pour beaucoup des latérites de Madagascar et notamment pour celle des plateaux basaltiques de la côte sud-orientale, pour celle aussi que les sondages ont fait découvrir sous les alluvions d'Antsirabe à 28 mètres de la sur-

1. Cette fraîcheur si remarquable des roches de Madagascar, en général, est due à ce qu'elles ne sont pas désagrégées, comme celles des climats tempérés, par des alternances de gelées et d'insolations.

2. La surface des bowals est couverte de petits fragments collés à la cuirasse par de la stilpnosidérite qui les enrobe d'une couche plus ou moins épaisse ; sa formation se poursuit actuellement.

face et qui sont antérieures aux grandes éruptions trachytiques de l'Ankaratra et au remplissage de la vallée d'Antsirabe[1].

La latérite de la plaine du Niger est en voie d'évolution ; j'ai étudié sur le bord même du fleuve le début du phénomène et il n'est guère douteux qu'il n'en soit de même dans le fond de certaines vallées de Madagascar.

Il semble donc que l'arrêt de la latéritisation soit une des conséquences de l'érosion qui, en creusant les vallées, abaisse le niveau aquifère et cette conclusion est nécessaire, si l'on admet que la latéritisation se produit dans une zone d'imbibition. A mesure que les vallées s'approfondissent, cette zone s'abaisse, et par suite, la zone latéritisée s'élève au-dessus du niveau maximum que les eaux de circulation peuvent atteindre par capillarité (*zone de non saturation* de M. Campbell) ; elle doit dès alors être considérée comme une latérite morte ; dans le fond des vallées, le phénomène continue et, sur une nouvelle base, il se produit un nouveau niveau de latérite.

B. — *Calcul des analyses.*

Des hypothèses sont nécessaires pour l'interprétation des analyses données dans ce chapitre : j'ai adopté les suivantes qui se rapprochent le plus de la réalité. Afin de bien marquer qu'il ne s'agit là que d'une approximation, je n'ai point donné de décimales.

La silice a été combinée avec l'alumine pour former $2SiO^2Al^2O^3.2H^2O$, le reste de l'alumine étant compté à l'état de $Al^2O^3.3$ ou $1H^2O$ suivant la teneur en eau constatée. Le fer a été calculé à l'état de $2Fe^2O^3.3H^2O$ ou de Fe^2O^3 dans les roches rouges très pauvres en eau. Enfin le titane a été combiné à $2H^2O$ quand cela a été possible.

L'eau considérée est celle perdue au-dessus de 110° : celle chassée au-dessous de cette température (Aq.) a été jointe au silicate d'alumine (halloysite).

1. De même, les alluvions du Mangoro, les coulées de basalte de la région de Betafo, reposent sur des gneiss latéritisés. Au Namakia et en bien d'autres points, les latérites de gneiss sont recouvertes par des alluvions à bois silicifiés et celles-ci par des coulées de basalte, elles-mêmes superficiellement latéritisées.

CHAPITRE II

LATERITE ET TERRE ROUGE A MADAGASCAR

I. — LATÉRITES ET LATÉRITES ARGILEUSES GIBBSITIQUES.

A. — *Roches quartzeuses*[1].

Dans toutes les latérites dont il va être question dans ce paragraphe et qui ont été formées aux dépens des pegmatites, des granites et des gneiss, le quartz originel de la roche subsiste ; il s'agit donc de *latérites quartzeuses*[1], mais comme ce quartz ne présente aucun intérêt minéralogique, je ne m'en occuperai pas dans ce qui va suivre. Je pense que Madagascar doit être désormais considéré comme le pays classique pour l'étude de la latérite gibbsitique formée aux dépens des roches quartzeuses.

a. — Pegmatites.

Les pegmatites présentent un intérêt spécial au point de vue qui nous occupe parce que les minéraux ferrugineux y manquent parfois presque complètement et, en tous cas, sont peu abondants, la roche étant presque uniquement constituée par du quartz et des feldspaths alcalins. La question se résume donc dans l'étude de la décomposition de ces feldspaths ; la latérite résultante est souvent d'un blanc éclatant et cette couleur blanche paraîtra certainement paradoxale aux personnes qui ont l'habitude de lier le mot de latérite à la notion d'une roche rouge.

Je prendrai comme exemple les gisements de Tsilaizina, Antsofimbato, Antaboaka, Anjanabonoina, Ambatofotsikely. L'exploitation des gemmes y a fait ouvrir

1. J'ai indiqué à la page 220 du tome II la signification quantitative que je donne aux qualificatifs *quartzique* et *quartzifère* ; celui de *quartzeux* s'applique à toutes les roches contenant du quartz sans précision de quantité. J'appelle roches *quartzifiées*, celles dans lesquelles le quartz est d'origine secondaire.

des carrières fournissant de belles coupes fraîches, où il est possible de recueillir d'abondants matériaux d'étude : tous ces gisements se trouvent sur les Hauts Plateaux, à une altitude d'au moins 1 600 mètres[1], dans une région depuis longtemps dépourvue de couverture forestière et soumise à une alternance de saisons humides et de saisons sèches. J'estime que toutes ces latérites sont d'origine ancienne.

Par contre, un autre gisement, Analamazaotra, situé à 800 mètres d'altitude, dans la forêt à feuilles persistantes, peut être pris comme exemple des gisements situés dans un des climats les plus humides de l'île, où il y a le moins de différence entre les diverses saisons.

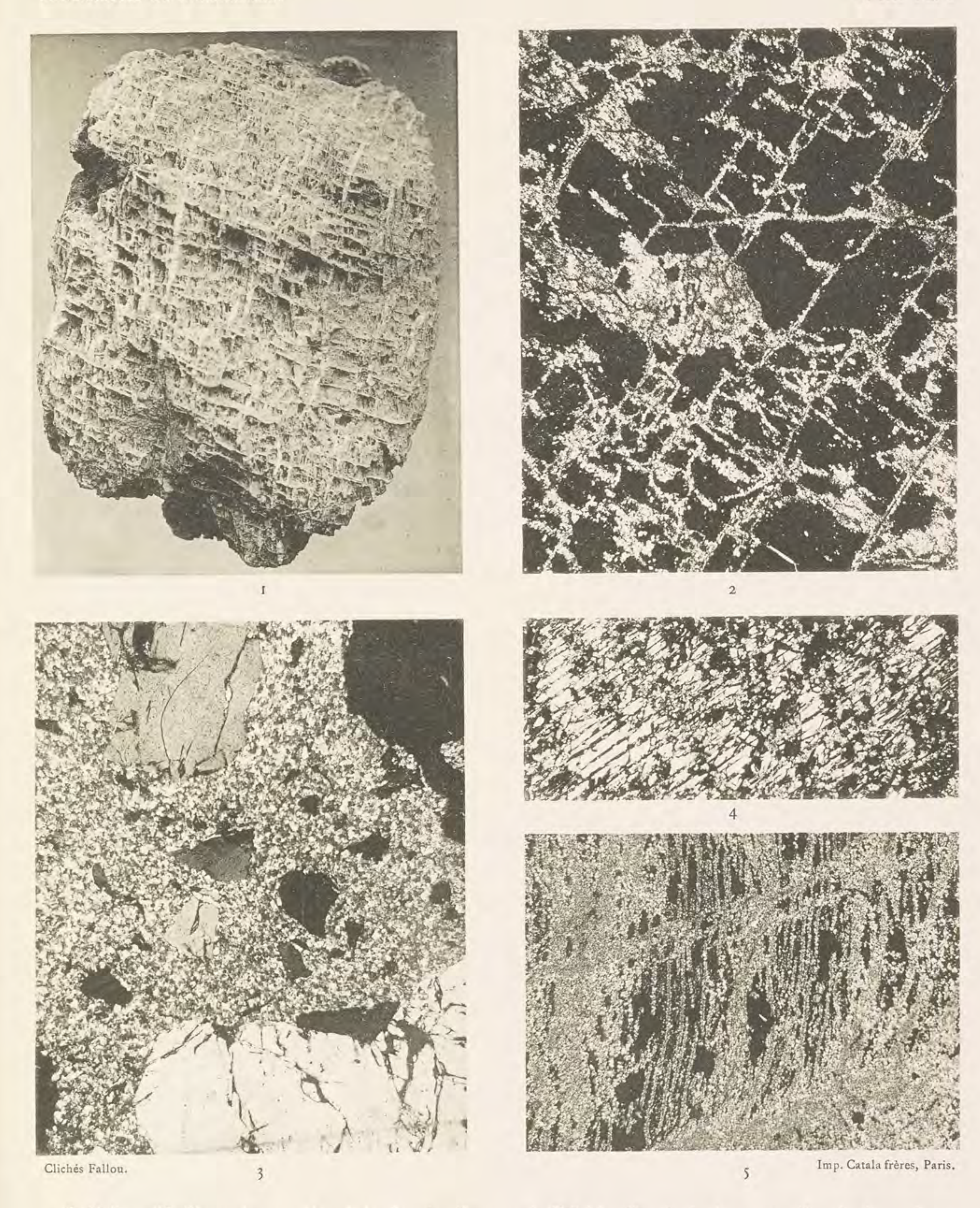
Dans tous ces gisements, la décomposition est intense; sur le terrain, on ne voit pas de différence entre le sommet et le bas de la zone altérée, à l'exception bien entendu d'une zone éluviale superficielle, toujours rubéfiée.

La pegmatite est devenue fragile, elle s'émiette et parfois même (Tsilaizina), elle est tellement friable qu'elle peut s'extraire à la pelle, comme du gravier. Les feldspaths se désagrègent sous la pression du doigt, en donnant une poussière âpre au toucher (différence avec le type kaolinisé (page 131) qui, par ailleurs, présente le même aspect extérieur). Sur le front de taille des carrières apparaissent en relief sur ce feldspath blanc laiteux, devenu terreux, les cristaux de quartz des associations graphiques. A Analamazaotra, les feldspaths sont plus résistants, ils ont une teinte rosée et ils sont localement imprégnés de psilomélane.

A Tsilaizina, par lévigation, il est possible d'extraire des feldspaths (microcline et albite), de petites paillettes hexagonales d'hydrargillite ; des plaques minces taillées dans ces feldspaths montrent que leurs clivages sont largement ouverts ; ils sont traversés par d'innombrables fissures irrégulières remplies par une substance colloïdale (Pl. 6, fig. 4) que l'analyse chimique montre être un silicate d'alumine. Au milieu de ce produit sont distribuées de nombreuses lamelles d'hydrargillite, peu ou pas maclées. A Ambatofotsikely se trouvent de grands clivages de microcline plus cohérents et plus riches encore en hydrargillite.

Près de la surface, la proportion d'hydrargillite augmente et dans presque tous les gisements se rencontrent des échantillons dont le feldspath est entièrement détruit; il est remplacé par une trame de lamelles d'hydrargillite enchevêtrées, disposées en treillis (Pl. 6, fig. 1, 2, 5) ; elles correspondent aux anciens clivages du feldspath et enserrent des îlots argileux sur le bord desquels les paillettes d'hydrargillite sont particulièrement distinctes. Quand l'érosion ou quand une exploitation a mis à nu un gisement présentant ce type d'altération, les fragments de roches exposés à l'air ne tardent pas à durcir, l'eau pluviale entraîne

1 A l'exception d'Anjanabonoina dont l'altitude doit être d'un millier de mètres.



Clichés Fallou. Imp. Catala frères, Paris.

Latérites gibbsitiques de pegmatite ; Anjanabonoina (fig. 1 et 2) ; Tsilaizina (fig. 4) ; Analamazaotra (fig. 5) ; de granite ; Tampoketsa d'Ankazobe (fig. 3).

A. CHALLAMEL, ÉDITEUR

l'argile et le squelette, constitué par de l'hydrargillite, apparaît avec des modalités différentes suivant que l'échantillon appartient à un stade plus ou moins évolué de la transformation.

J'ai étudié des échantillons provenant d'Analamazaotra dont les feldspaths paraissent, au premier abord, presque intacts; les plans de clivage sont assez distincts, mais, à la loupe, on voit que le minéral est entièrement transformé en une masse finement grenue et miarolitique d'hydrargillite, légèrement rosée. A Antsofimbato, à Antaboaka et à Anjanabonoina, la proportion du produit argileux ayant été plus grande, l'on n'observe que des masses caverneuses (Pl. 6, fig. 1) fragiles, qu'un examen superficiel pourrait faire prendre pour un tuf calcaire, d'un blanc de lait, si l'on ne distinguait des cloisons rectangulaires permettant de repérer la direction des anciens clivages. Les cavités qui limitent ces cloisons sont en partie remplies par un mélange d'argile colloïdale et de kaolinite. Cette dernière, examinée au microscope, se montre mélangée à des lamelles d'hydrargillite. L'interprétation que je donne de cette structure caverneuse est bien exacte, car, en plaçant, pendant quelques heures, sous un robinet d'eau les échantillons riches en argile d'Analamazaotra, j'ai obtenu un squelette possédant une structure identique à celui qu'il s'agit d'expliquer.

Ce même type est fréquent dans les points les plus divers de l'île [régions de Tsaratanana, d'Ankazobe; Morafeno, près Mananjary; Ankeba (entre les bassins du Faraony et du Namorona), etc.]. Dans tous les gisements que j'ai étudiés, la proportion d'hydrargillite croît en raison inverse de celle du silicate d'alumine sans doute à mesure que l'on se rapproche de la surface.

b. — Granites et gneiss.

Les phénomènes sont les mêmes que pour les pegmatites, mais la question est plus compliquée, à cause de la petitesse des grains du feldspath et de la présence de mica et de l'amphibole. Max Bauer a décrit déjà [113] un échantillon de ce genre recueilli entre Ivohibe et Ikongo: la détermination de l'hydrargillite a été basée sur l'analyse chimique, car dans l'échantillon original que j'ai pu examiner ce minéral est réduit à des ponctuations optiquement indéterminables. Par contre, j'ai réuni une série extrêmement riche, de cristallinité exceptionnellement grande. Dans tous les cas, la roche possède un aspect carrié; dans le gneiss, le rubanement primitif est marqué par des traînées rouges dont l'abondance est fonction de celle de la biotite originelle.

Un exemple typique se rencontre à Sainte-Anne d'Ambositra; la latérite gibbsitique y est assez cohérente pour que l'on ait pu s'en servir pour construire une

maison à deux étages ; c'est le seul cas que je connaisse, à Madagascar, d'une semblable utilisation de la latérite, utilisation qui, par contre, est si fréquente en Guinée (cuirasse latéritique). Au microscope, les échantillons laissent voir encore des silhouettes de micas transformés en hydrargillite. De la magnétite (oxydée), du quartz et du zircon sont les seuls minéraux anciens intacts. L'hydrargillite, qui constitue la plus grande partie de la roche, est d'une cristallinité très irrégulière ; dans les cavités ses lamelles sont de grande taille, seules, elles sont maclées ; certains échantillons sont imprégnés de stilpnosidérite concrétionnnée, mais jamais celle-ci ne fait disparaître la structure originelle de la roche.

Le Tampoketsa d'Ankazobe, situé près de Manankazo et d'Ankarabe, est un vaste plateau ondulé dont l'altitude maximum atteint 1550 mètres ; il est entaillé par de nombreux ravins, qui fournissent de bonnes coupes. Sous une croûte rouge superficielle dont il sera question page 130 et qui peut atteindre 2 mètres, se trouve une zone éluvionnaire un peu plus épaisse, riche en nodules concrétionnés ; elle recouvre de 20 à 50 mètres de latérite gibbsitique blanche, ayant une grande tendance à se fragmenter et qui repose directement sur le gneiss (avec lits de pegmatite).

Des Tampoketsa de même structure se trouvent encore au Nord et au Nord-Ouest de l'Imerina, sur la rive gauche de l'Ikopa ; entre la Betsiboka et la Mahajamba ; entre celle-ci et le Bemarivo ; entre ces derniers et l'Anjobony.

La latérite gibbsitique de tous ces gisements ressemble beaucoup à celle d'Ambositra, mais comme, en général, la roche originelle était moins micacée, — il s'y trouve des filons ou des veines granitiques tout à fait hololeucocrates qui ont subi le même type de transformation — leur latérite est blanche ou rosée, souvent peu ou pas rubanée, très caverneuse. L'hydrargillite est généralement très cristalline. Comme à Antsofimbato, ces latérites gibbsitiques sont accompagnées de nodules d'un kaolin fort pur.

Les blocs recueillis dans la zone superficielle, mais sous la cuirasse, sont parfois arrondis (limonite alumineuse) ou irréguliers, et alors constitués par une roche blanche, compacte, ressemblant à la magnésite et dont la cristallinité ne se voit qu'à la loupe ; elle est formée uniquement par de l'hydrargillite, finement grenue et non maclée. Il faut donc assimiler cette zone à un niveau de concrétion, dans lequel les produits néogènes ne forment pas de cuirasse continue.

J'attribue la même origine à la latérite du granite à grands cristaux de graphite de Vohitsara (vallée de la Rongaronga) ; comme certains échantillons du Tampoketsa d'Ankazobe au microscope, la roche simule un microgranite dont la pâte serait représentée par l'hydrargillite en gros grains non maclés et les phénocristaux par le quartz (pl. 6, fig. 3) ; cette roche n'est pas miarolitique, il y a donc eu concrétion de l'hydrate d'alumine.

A Moramanga, des îlots de schistes cristallins émergent des alluvions lacustres dont il sera question plus loin. Ils sont couverts de lambeaux de latérite gibbsitique de gneiss et de granite, à aspect carié, et semblable à celle qui vient d'être décrite, mais elle est souvent imprégnée par de la stilpnosidérite. Dans cette région, il n'existe pas d'affleurements assez importants de roches fraîches pour qu'on puisse s'en servir comme de ballast pour la voie ferrée : aussi, emploie-t-on à cet usage les portions dures de cette latérite. Quelques échantillons recueillis sur la voie donnent à penser qu'il existe, au moins localement, une cuirasse continue de concrétion. La structure de cette latérite est finement grenue ; on n'y voit, sauf un peu de quartz, que de l'hydrargillite. La roche est blanche et ressemble à celle du Tampoketsa d'Ankazobe[1].

Les analyses qui vont être données plus loin font voir que dans toutes les latérites qui viennent d'être décrites, il existe au moins des traces de silicate d'alumine, mais celui-ci est colloïdal. Il n'en est cependant pas toujours ainsi ; à Amboasary, près Moramanga, se trouve une latérite gibbsitique de gneiss, dans laquelle se distinguent en abondance, au milieu des grains d'hydrargillite, des amas vermiculés de lamelles empilées[2] d'un minéral rappelant la leverriérite des roches du houiller de Saint-Etienne.

Je donne ci-dessous les analyses, de la latérite *a* et *a'* de granite, Ivohibe à Ikongo (Busz, *in* Max Bauer, *op. cit.*) ; **420** de microcline, Ankoba (Pisani) ; de pegmatite **421** et **421** *bis* de Tsilaizina ; **422** et **422** *bis* d'Amboasary, **423** et **423** *bis* Ambatofotsikely ; (**421** à **423** M. Raoult).

	a	*a'*	**420**	**421**	**421** bis	**422**	**422** bis	**423**	**423** bis
SiO^2 . . .	1,29	1,34	6.0	14.9	24,9	12,29	17.91	0,78	1,91
Al^2O^3 . . .	60,86	63,02	61,3	30,9	51,6	32,33	47,11	26,03	63,78
Fe^2O^3 . . .	1,00	1,03	»	»	»	2,74	3,99	0,46	1,13
FeO . . .	»	»	»	»	»	0,56	0,81	0,02	0,05
MgO . . .	»	»	»	»	»	0,09	0,13	0.03	0,07
CaO . . .	»	»	»	»	»	0,22	0,32	0,20	0,49
Na^2O . . .	»	»	»	»	»	0,18	0,26	0,05 (Na²O + K²O)	0,12 (Na²O + K²O)
K^2O . . .	»	»	»	»	»	0,12	0,17		
H^2O + . . .	33,42 (+ et −)	34,61 (+ et −)	32,7 (+ et −)	14,0 (+ et −)	23,5	9,07	27,79	9,95	24,38
— . . .					»	0,73	1,06	3,13	7,67
TiO^2 . . .	»	»	»	»	»	0,31	0.45	0,06	0,15
P^2O^5 . . .	»	»	»	»	»	tr.	tr.	0,10	0,25
Quartz . . .	3,32	»	»	40,9	»	31,54	»	59,35	»
	99,89	100,00	100,0	100,7	100,00	100,18	100,00	100,16	100,00

1. Un échantillon recueilli à la surface du sol, à Mantasoa, conduit à la même conclusion ; il ressemble à la latérite de Vohitsara (le graphite en moins) ; il est entièrement enrobé par de la limonite, à surface botroïde, et rappelle par suite les blocs que j'ai recueillis à la surface de la latérite de Bougourou et de Fatoya en Guinée.

2. Cf. fig. 2, p. 470 du tome I de ma *Minéralogie et de la France et de ses Colonies.*

	$Al^2O^3 . 3H^2O$	Fe^2O^3	$2Fe^2O^3 . 3H^2O$	$2SiO^2 . Al^2O^3 . 2H^2O$
a.	95	»	1	4 (6Aq)
420. . . .	86	»	»	14
421. . . .	47	»	»	53
422. . . .	44	»	5	51 (2Aq)
423. . . .	95	1	»	4

c. — Formations irrégulières radiciformes dans la latérite.

La latérite d'un grand nombre de gisements renferme des formations singulières, qui méritent d'être décrites en détail : Max Bauer, qui en a étudié quelques échantillons provenant des falaises Ouest de l'île Sainte-Marie, n'y a trouvé que de l'hydrargillite et les a regardées comme des concrétions formées par dissolution, grâce à l'intermédiaire de sulfate d'alumine résultant de l'altération de la pyrite.

Il est facile de voir qu'une semblable réaction ne peut être acceptée. La blancheur de lait de la plupart des échantillons plaide d'ailleurs contre l'hypothèse de l'intervention de pyrite qui n'existe jamais dans la zone de latéritisation. Il s'agit là d'un phénomène de durcissement du même ordre que ceux qui caractérisent si fréquemment la zone superficielle latéritisée.

L'aspect de ces échantillons est extrêmement varié. Tantôt ce sont des blocs à formes étranges, comme ceux qui abondent sur les flancs de la montagne d'Ambatolaona, à l'Est de Manjakandriana, ils ressemblent à un ciment compact, blanc dont la surface serait hérissée de fragments anguleux de quartz : quand on examine leur cassure, on voit que la disposition du quartz ne diffère pas de celle du même minéral dans le granite normal. Comme autre gisement de ces portions dures, recueillies en place dans la roche même, je citerai les pegmatites d'Antsofimbato, d'Antaboaka, d'Ambatofotsikely, et le granite de Tananarive.

Tantôt et plus souvent, ce sont des rognons allongés ou des bâtons grêles et contournés, à aspect radiciforme, irréguliers, quelquefois ramifiés (rive gauche du Manombo, entre Soalala et Besalampy). Leur diamètre varie depuis quelques millimètres jusqu'à plusieurs centimètres ; ils ont souvent plus de 10 centimètres de longueur. Quand ils sont recueillis en place, et alors toujours au sommet de la zone où la roche commence à se désagréger, à perdre sa cohésion originelle, leur surface est raboteuse, mais quand on les trouve dans la zone superficielle des éluvions remaniés (Analamazaotra ; le Manombo), elles sont roulées et leur surface est devenue lisse.

L'examen microscopique montre que les roches dont il s'agit ne correspondent ni à une composition ni à une structure spéciale. On les observe aussi bien dans les latérites entièrement gibbsitiques (île Sainte-Marie) que dans les latérites gibbsitiques silicatées (Ambatofotsikely) ou même dans les latérites bauxitiques sili-

catées (Tananarive, Analamazaotra). Une plaque mince taillée dans une de ces pièces, fait voir la même structure que dans un échantillon sans forme spéciale recueilli dans le voisinage; il ne s'agit donc pas là d'une véritable concrétion, les produits néogènes y sont seulement consolidés par les éléments latéritiques d'une façon plus complète que dans le milieu ambiant.

La seule explication plausible des formes régulières consiste à supposer qu'elles résultent du remplissage des cavités laissées par des racines. On verra plus loin décrits des objets de même forme ou de forme analogue, trouvés aussi dans des latérites d'autres gisements et qui sont incontestablement des épigénies de racines par de l'opale.

B. — *Roches sans quartz.*

a. — Gabbros, amphibolites feldspathiques.

L'abondance de ces roches basiques (gabbros grenus ou à facies diabasique, amphibolites feldspathiques) dans la région forestière de l'Est permet d'y trouver aisément des matériaux d'étude; ce sont quelques échantillons, recueillis par Vœltzkow à l'île Sainte-Marie, qui ont fait l'objet de l'étude de Max Bauer. J'en ai observé un nombre considérable d'affleurements au cours de ma traversée de la forêt entre le lac Alaotra et l'Océan. J'ai étudié également de nombreux autres échantillons provenant de la vallée du Mangoro (Moramanga, etc.), de la Vohitra et de beaucoup de points des Hauts Plateaux.

A l'inverse de ce qui a lieu pour les granites et en conformité avec ce qui se passe en Guinée, il est facile de trouver le contact de la roche intacte et du début de la latéritisation. Sur quelques millimètres seulement le passage se fait entre la roche parfaitement fraîche et la latérite ne renfermant plus aucun minéral intact. En ce qui concerne les roches à facies diabasique, il est très fréquent de constater en outre le délit en écailles concentriques. La roche est devenue légère et poreuse, possède l'aspect du *pain d'épice;* les plagioclases sont entièrement épigénisés par des agrégats de paillettes d'hydrargillite, alors que les minéraux colorés sont transformés en produits ferrugineux cloisonnés et colloïdes plus ou moins pulvérulents, qui s'échappent en partie quand on brise la roche. Quelquefois, on rencontre des débris de pyroxène et d'amphibole non transformés, de bowlingite jaune d'or (résultant de la décomposition de l'olivine) : l'ilménite est intacte, la magnétite transformée en martite. C'est là la caractéristique des transformations de la *zone de départ* en Guinée.

Je n'ai vu que dans quelques échantillons seulement apparaître un peu d'hydrar-

gillite dans les squelettes pyroxéniques. Dans aucun des gisements que j'ai visités, je n'ai constaté de modification de structure à la surface; nulle part, je n'ai trouvé cette cuirasse dure de la zone de concrétion de la Guinée. M. Perrier de la Bathie que j'avais prié de faire des vérifications à ce point de vue m'a envoyé une série d'échantillons méthodiquement recueillis à Analamazaotra; ceux qui proviennent de la surface du sol ne diffèrent en rien de ceux du contact de la diabase intacte. Un fragment de cette latérite recueilli sur le sol est complètement entouré par une croûte de limonite à surface botroïdale exactement semblable à celle que j'ai observée en Guinée dans les mêmes conditions, mais, à l'inverse de ce qui se passe dans cette région, le noyau central de latérite a conservé la structure en pain d'épice, tandis qu'en Guinée ces noyaux sont toujours formés par une latérite finement grenue. On voit donc que, si la limonite se concrétionne en petite quantité à la surface, il n'en est pas de même pour l'hydrate d'alumine.

Les roches analysées par M. Busz pour Max Bauer étant identiques aux miennes, il m'a paru inutile de faire analyser ces dernières.

A la suite des analyses *a* et *b* de gabbros à facies diabasique, *c* et *d* d'amphibolites, je donne la composition *a'*, *b'*, *c'*, *d'*, ramenée à 100, après déduction du résidu insoluble et de petites quantités de chaux et de magnésie :

	a	*a'*	*b*	*b'*	*c*	*c'*	*d*	*d'*
SiO^2.	14,17	14,70	6,36	6,68	6,98	8,29	4,70	5,45
Al^2O^3. . . .	44,87	46,53	35,25	37,00	42,37	50,34	43,38	50,32
Fe^2O^3. . . .	17,33	17,97	29,34	30,80	13,04	15,49	16,64	19,31
CaO.	0,18	»	0,19	»	0,03	»	0,25	»
MgO.. . . .	0,13	»	0,37	»	tr.	»	0,09	»
H^2O.	20,06	20,80	24,31	25,52	21,78	25,88	21,48	24,92
Insol.. . . .	3,78	»	4,25	»	15,79	»	13,37	»
	100,52	100,00	100,07	100,00	99,99	100,00	99,91	100,00

Ces analyses mettent en évidence les proportions[1] suivantes d'éléments latéritiques et d'argile[2].

	ÉLÉMENTS LATÉRITIQUES			ARGILE
	Fe^2O^3	$2Fe^2O^3 . 3H^2O$	+ $Al^2O^3 . 3H^2O$	$2SiO^2 . Al^2O^3 . 2H^2O$
a. . . .	17	»	51 p. 100	32 p. 100
b. . . .	»	36 p. 100	47 —	17 —
c. . . .	13	3 —	66 —	18 —
d. . . .	19	»	70 —	11 —

1. Max Bauer a donné pour les proportions d'hydrargillite et d'argile des nombres différents, car il a conduit le calcul d'une autre manière, en supposant l'existence de silicates d'alumine de composition variée suivant les cas. Cette hypothèse ne paraissant pas susceptible de vérification, il m'a paru préférable de faire la même supposition que pour les roches de Guinée; cela ne change pas d'ailleurs le sens général des conclusions concernant l'importance du rôle joué par l'hydrargillite dans ces produits d'altération.

2. L'étude de mes matériaux ne confirme pas la remarque de Max Bauer que la teneur en silice serait d'autant plus grande qu'il subsiste plus de mineraux originaux intacts; j'ai vu des latérites très silicatées aussi dépourvues de minéraux intacts que d'autres presque exclusivement constituées par de l'hydrargillite néogène.

Ces produits d'altération sont donc des *latérites siliceuses gibbsitiques.* ; l'absence de zone de concrétion explique l'absence de *latérites gibbsitiques* proprement dites.

Il m'a paru intéressant de faire une comparaison entre la roche intacte et sa latérite et notamment d'étudier la question du titane. Dans un échantillon de diabase de Sainte-Marie, j'ai fait analyser d'une part la roche intacte **424** et de l'autre **425** sa croûte latéritique. Les résultats sont donnés dans le tableau ci-joint ramené à 100 parties :

	424	425
TiO^2.	1,6	3,0
Al^2O^3.	14,5	23,8
Fe^2O^3.	14,1	24,2

Ce qui donne pour les rapports moléculaires :

	$TiO^2 : Al^2O^3$	$Al^2O^3 : Fe^2O^3$
424.	1 : 7,1	1 : 0,57
425.	1 : 6,1	1 : 0,65

Ces résultats sont comparables à ceux déduits de l'étude des latérites analogues de la Guinée, à savoir que dans la zone de départ, au début de la latéritisation, il n'y a pas de grandes variations dans les proportions relatives des trois corps considérés.

b. — Basaltes.

Ce même mode d'altération se rencontre fréquemment dans les basaltes; je prendrai comme exemple celui d'une coulée d'une soixantaine de mètres d'épaisseur de Vohitrarivo (1575 mètres d'altitude), au pied occidental du Mandray (Est d'Antsirabe). Cette coulée repose sur le granite gneissique dont il est question plus loin. Ce basalte se décompose suivant des écailles concentriques; seules la magnétite et la bowlingite, jaune très biréfringente qui épigénise l'olivine, sont intactes. La latérite est essentiellement constituée par des ponctuations d'hydrargillite, mais très fréquemment on rencontre au milieu d'elle des silhouettes de plagioclases, dont la bordure seule est transformée en paillettes cristallines, le centre étant colloïde. Ces échantillons ont été recueillis à la surface du sol, des phénomènes de concrétion y sont distincts, mais ils ne font pas disparaître la structure originelle de la roche; les cavités sont bordées d'une zone de matière colloïde, sur laquelle sont implantées des lamelles d'hydrargillite constituant une croûte fibrolamellaire continue.

c. — Syénites néphéliniques.

Les syénites néphéliniques du massif du mont Bezavona et d'une façon générale les roches éruptives qui les accompagnent présentent des transformations qui sont l'exacte répétition de celles de la zone de départ des syénites des îles de Los. On y trouve, comme dans celles-ci, l'association de latérites gibbsitiques poreuses prédominantes et d'argiles renfermant toujours un peu d'hydrate d'alumine colloïdal; mais il semble que, dans les ravins d'Antsohanina, le mélange des deux types se fasse par taches et d'une façon beaucoup plus intime qu'aux îles de Los. Les analyses suivantes ont été effectuées par Pisani : **246**, latérite gibbsitique de microsyénite néphélinique; **427**, nodule d'argile inclus dans **247** *bis*.

	426	426 bis	427	427 bis
SiO^2.	3,6	3,68	41,2	42,65
Al^2O^3.	55,8	57,05	38,8	40,17
Fe^2O^3..	7,2	7,36	»	»
TiO^2.	tr.	»	»	»
H^2O.	31,2	31,91	16,6	17,18
Insol.	2,2	»	3,4	»
	100,0	100,00	100,0	100,00

426 est une latérite silicatée gibbsitique dont la composition correspond à 82 pour 100 d'hydrargillite, 8 pour 100 de limonite et autant d'argile, tandis que dans *427* il y a 6 pour 100 d'hydrargillite et 94 pour 100 d'argile.

La même transformation gibbsitique s'observe à la surface de la syénite néphélinique d'Anosikely.

d. — Trachytes.

Les trachytes phonolitiques de l'Ambondro se transforment en une latérite gibbsitique blanche tachetée de rose. Les échantillons que j'ai étudiés sont transformés en hydrargillite microgrenue, sans macles, qui a presque entièrement fait disparaître la structure originelle ; c'est un échantillon de la surface.

II. — LA TERRE ROUGE (ARGILE LATÉRITIQUE) ET LES LATÉRITES BAUXITIQUES.

Le second type d'altération[1], celui qui joue le rôle principal à Madagascar, est une *argile latéritique bauxitique :* son terme ultime seul doit porter le nom de

1. Cf. Tome II, p. 27, pour l'influence de ce genre d'altération sur les gisements aurifères se trouvant dans les schistes cristallins.

latérite bauxitique, il est donc caractérisé par la production d'un silicate d'alumine généralement colloïdal, associé à une quantité variable d'hydrate d'alumine, lui-même colloïdal. L'hydrargillite, qui lui est parfois associée, n'existe qu'en proportions relativement faibles et constitue un produit de cristallisation secondaire.

Le silicate d'alumine est parfois cristallisé, il forme un véritable kaolin, renfermant, lui aussi, toujours au moins des traces d'alumine libre.

Sauf dans le cas du kaolin, ces produits d'altération sont le plus souvent, mais pas toujours, colorés par de l'oxyde de fer, jaune à une certaine distance de la surface, rouge partout où s'est fait sentir l'action du soleil, c'est alors la *Terre rouge*.

L'étude du mode d'altération des roches granitiques et gneissiques présente une importance capitale, puisque ces roches constituent la masse principale de la partie ancienne de l'île et que c'est à leurs dépens que se sont produits la plupart des sols de la Colonie[1].

Comme en Guinée, dans toutes les régions du Massif cristallin que j'ai visitées, du lac Alaotra au Sud d'Ambositra, la coupe d'une surface altérée montre, à partir de la roche intacte, une zone plus ou moins épaisse, entièrement transformée, mais dans laquelle les roches ont conservé leur texture originelle ; c'est seulement vers le haut et très près de la surface, que cette texture s'atténue, puis disparaît, en même temps que la couleur devient progressivement plus foncée, plus jaune ou plus rouge ; ce sont là les caractères de la *zone de départ* des schistes de Fatoya. Quand la roche originelle était un schiste cristallin, et que ses strates étaient verticales, les veinules de quartz intercalées restent en place dans la zone d'altération à structure conservée, puis progressivement, elles se courbent, s'affaissent et enfin se disloquent, pour former des traînées plus ou moins horizontales de blocs ou de fragments.

1. MM. A. Müntz et A. Rousseaux ont publié un très important travail [267] sur la valeur agricole des terres de Madagascar ; ils ont étudié environ 500 échantillons, prélevés sur toute l'étendue de l'île, ont donné des analyses physiques, des teneurs en azote, phosphore, potasse et chaux ; malheureusement, ces résultats, intéressants au point de vue agricole, ne peuvent être utilisés au point de vue minéralogique par suite du manque de renseignements sur la nature des roches aux dépens desquelles se sont formés les sols étudiés et de l'absence de renseignements sur les minéraux qui les constituent. Il en est de même pour six analyses complètes qui ont été faites, en bloc, sans que les auteurs se soient préoccupés de faire le départ entre la silice existant à l'état de quartz et celle qui est combinée à l'alumine. Ce grand travail a donc été en partie inutile. On ne saurait trouver de meilleur exemple de la nécessité où se trouvent les hommes de science, même dans le cas de recherches très spécialisées, de tenir compte des besoins et des méthodes des sciences voisines de la leur.

Ces analyses peuvent cependant, dans certains cas, être interprétées à la lumière des faits étudiés plus haut, ceux-ci expliquent en particulier l'extrême pauvreté en chaux, potasse et acide phosphorique observée dans la plupart de ces sols.

C'est à Th. Schloesing qu'est due la première indication de l'abondance de l'alumine libre dans les sols de Madagascar [270].

Le plus souvent, sauf dans les cas, qui sont discutés page 127, où il se forme à la surface une cuirasse continue, la consistance de la surface ne diffère guère de celle de la portion sous-jacente. Le tout se coupe à l'angady, comme on peut le voir sur les tranchées des routes, dans les exploitations d'or ou de graphite où les parois verticales conservent indéfiniment leur solidité et leur fraîcheur, ainsi que la trace de l'outil tranchant qui a servi à les tailler. (Tome II, pl. 15, fig. 1). Par dessiccation en effet, ces argiles durcissent, tout en restant friables sous le choc et cette propriété est utilisée depuis longtemps par les Malgaches pour la fabrication de leurs briques cuites au soleil (Cf. p. 177, tome II). Les argiles se fendillent aussi, pour le plus grand dommage des racines des végétaux ; il arrive quelquefois que leur surface présente des fissures de retrait prismatique, limitant ainsi des solides, avec angles plus ou moins voisins de 120° (observation de M. Dropsy, au voisinage du Iankiana, à l'Est d'Antsirabe).

Il se forme ainsi à la surface du sol non pas une cuirasse dure et tenace, mais une croûte terreuse que ne délaye pas la pluie. L'eau ruisselle sur elle, sans former de boue, elle la rend aussi glissante que si elle avait été savonnée. Cette compacité superficielle, accompagnée d'imperméabilité, plus encore peut-être que la pauvreté en éléments nutritifs, paraît être la cause principale du manque de fertilité des terres rouges. En effet, sur les Hauts Plateaux, là où la déplorable coutume de la destruction des forêts a permis à l'érosion de faire rapidement disparaître tout l'humus, si abondant sur les mêmes formations dans la région boisée de l'Est, dès qu'à l'origine d'un ruisseau ou que dans le fond d'une dépression les débris végétaux peuvent s'accumuler, dans ce milieu gardant l'humidité on voit le même terrain devenir fertile. Les petites oasis vertes qui rompent, si agréablement et si utilement, la désespérante monotonie de la steppe herbeuse, donnent la démonstration de ce que j'avance et c'est là que se forment les agglomérations humaines, entourées de leurs traditionnelles rizières.

Lorsqu'on examine de près les coupes qui viennent d'être décrites, on constate que par suite de la nature montagneuse de Madagascar, le plus souvent, la surface du sol est couverte d'une couche, plus ou moins épaisse, d'éluvions ; le peu de cohérence de celles-ci aide à la production des transformations dont je vais esquisser l'histoire.

Le niveau aquifère de toutes les roches altérées se trouve à la base de la zone à structure conservée, et par suite au contact de la roche intacte, sur laquelle il est possible d'observer une boue gluante. Sur les flancs des mamelons, se produisent souvent des effondrements à parois verticales (*lavaka*), semblant taillés à l'emporte-pièce, avec une section circulaire ou presque circulaire ; au fond jaillit

ou suinte une source ; quand ces *lavaka* sont de grandes dimensions ils servent parfois de parcs à bœufs (Gautier [292]). C'est par des effondrements de ce genre que débute la production des ravins dans les régions d'argiles latéritiques.

La topographie des régions couvertes de terre rouge est des plus caractéristique, avec leurs croupes arrondies et dénudées qui se voient sur plusieurs des photographies reproduites dans ce volume, avec leurs vallées à fond plat, débutant par des cirques d'érosion et dont les flancs offrent un modelé spécial dont la monotonie est rompue, par des roches vives ou des escarpements, qui semblent crever la couverture d'argile, comme le font les aiguilles rocheuses surgissant d'un champ de neige. Dans l'Ankaratra, l'horizontalité du fond de ces vallées et la stagnation de l'eau qui en résulte ont déterminé la production de tourbières et celles-ci contribuent à accentuer cette horizontalité ; elles sont en effet formées par des plantes plus robustes que les sphaignes qui peuvent vivre dans les eaux troubles, et qui retiennent dans leurs racines, en les forçant à s'étaler, les matières solides des alluvions. Parmi les plus caractéristiques des vallées de ce genre que j'ai vues, je citerai celles du flanc occidental de l'Ankaratra et particulièrement la vallée de Manalalondo.

A. — *Argiles latéritiques.*

Dans les paragraphes qui suivent, je vais passer successivement en revue la formation des argiles latéritiques puis des latérites bauxitiques, aux dépens des différentes roches.

a. — Granites et gneiss.

Ce mode de composition des granites et des gneiss est le plus général à Madagascar. De magnifiques exemples peuvent en être vus le long de la route de Tananarive à Ambositra, de Betafo à Soavinandriana, de Tananarive au lac Alaotra, etc. ; et aussi dans la plupart des exploitations de graphite, d'or, etc.

J'ai étudié en particulier les échantillons que j'ai recueillis à Tananarive même, dans les travaux que l'on effectuait en 1911 entre le *Zoma* et les hauteurs de la ville ; puis dans les tranchées de la route aux alentours du pont de Nosizato, à quelques kilomètres de la capitale ; dans les exploitations de graphite de Tsarazafy ; au Mandray (Est d'Antsirabe), où cette formation a plus de 130 mètres d'épaisseur, sous la couverture d'une coulée de basalte ; enfin dans bien d'autres points encore.

Quelle que soit la composition de la roche initiale, granite, pegmatite ou gneiss,

le mode de décomposition est le même ; les feldspaths s'altèrent progressivement le long des fissures, les plagioclases avant l'orthose et le microcline ; ils se transforment en produits colloïdaux. L'amphibole et la biotite s'altèrent ensuite, mais il existe des cas nombreux (Mandray), dans lesquels la biotite est encore absolument fraîche, alors que le feldspath est entièrement transformé. Quand la décomposition est complète, il n'existe plus que le quartz à l'état intact et la roche se met en miettes sous la simple pression du doigt.

Lorsqu'on examine des coupes permettant de suivre cette transformation à partir de la roche fraîche, on constate, comme toujours, qu'au voisinage de celle-ci l'argile est de couleur claire et qu'elle se teinte progressivement de rouge, à mesure que l'on se rapproche de la surface.

Dans aucun des gisements énumérés plus haut, il n'existe de zone de concrétion différenciée. Les échantillons recueillis à la surface ne se distinguent de ceux de la base que par leur couleur. Les analyses ci-contre ont été faites : **428**) par Pisani sur un échantillon de Nosizato, tout à fait incohérent, mais conservant en place la structure de la roche intacte, dont la composition chimique est donnée tome II, page 236 (*analyse* **20**), déduction a été faite de 58 pour 100 de résidu non attaquable ; **429** et **429**bis) sur un échantillon blanc du Zoma de Tananarive, possédant l'aspect d'une racine (M. Raoult).

	428	429	429 bis
SiO^2	22,20	13,50	21,19
Al^2O^3	35,80	31,93	50,10
Fe^2O^3	17,80	1,90	2,98
FeO	1,40	0,29	0,46
MgO	2,25	tr.	tr.
CaO	2,02	0,06	0,09
$K^2O + Na^2O$	0,45	tr.	tr.
TiO^2	1,05	0,06	0,09
P^2O^5	»	0,11	0,18
H^2O +	16,60	15,10	23,72
—	»	0,76	1,19
Quartz		36,64	»
	99,57	100,35	100,00

	$Al^2O^3 . 3H^2O$	$Al^2O^3 . H^2O$	$2Fe^2O^3 . 3H^2O$	$2SiO^2 . Al^2O^3 . 2H^2O$		TiO^2
a.	»	21	22	56	+(1,2Aq)	1
b.	49	»	4	47	(0,3Aq)	»

Une altération analogue se trouve à Ampandrano sur la Mania ; ses produits argileux m'ont été envoyés comme minerai de zinc ; ce gisement renferme un grès à ciment argileux, rubané de blanc et de rose et une sorte de brèche de petits fragments quartzifères cimentés par des grains plus gros de quartz colorés par de l'hématite, dont je ne sais comment interpréter l'origine.

Notons enfin que dans quelques gisements granitiques ou gneissiques offrant ces types de décomposition argileux, l'on observe des veinules ramifiées d'halloysite dont la couleur blanche tranche sur le rouge de la roche ambiante (Plateau d'Amberomay, sur la rive gauche du Bemarivo) ; elles se sont certainement produites par transport des silicates d'alumine par dissolution.

b. — Micaschistes.

Les micaschistes, feldspathiques ou non, se transforment, comme les gneiss, soit en argile, soit en kaolinite, formées aux dépens des micas. Les produits ferrugineux restent souvent sur place, et l'on a alors des roches blanches, fragiles ou rubanées ou tachetées de rouge, renfermant quelquefois de gros cristaux anciens de magnétite, épigénisée en hématite.

Il est fréquent de constater l'existence de lamelles d'hydrargillite au milieu de ces roches qui sont devenues tendres, mais qui conservent souvent assez de cohérence pour que les Malgaches puissent, lorsqu'elles sont peu et surtout pas quartzeuses, les employer pour y sculpter divers objets, tels que vases, chandeliers, etc. : c'est leur *vatodidy*. Ce type d'altération est celui d'un grand nombre de *micaschistes à graphite* exploités dans la Colonie.

Quand ces roches renferment de la sillimanite (fibrolite), celle-ci reste intacte et constitue de petites fibres blanches, plus ou moins ternes; quant au grenat, il se tranforme en limonite. De bons exemples de cette variété de micaschistes altérés se trouvent au sommet du mont Vohinambo et du mont Ambohimanoa ; au Sud-Ouest de Mahitsy, dans le district d'Ambohidratrimo, etc..

L'analyse **430** a été faite sur la roche du Vohinambo, déduction faite de 27,20 pour 100 de minéraux inattaqués (quartz et sillimanite).

	430
SiO^2	24,65
TiO^2	1,37
Al^2O^3	46,04
Fe^2O^3	8,55
MgO	tr.
CaO	0,27
H^2O	19,12
	100,00

Cette analyse peut être interprétée de la façon suivante :

Éléments latéritiques : $Al^2O^3 . 3H^2O$, 22 pour 100 ; $Al^2O^3 . H^2O$, 10 pour 100 ; $2Fe^2O^3 . 3H^2O$, 15 pour 100 ; argile, 52 pour 100.

C'est donc une argile latéritique à la limite d'une latérite argileuse.

c. — Roches non quartzeuses.

α. **Amphibolites feldspathiques et gabbros.** — Ce type d'altération est fréquent dans les amphibolites feldspathiques du Massif cristallin. Celle de Vinaninkarena, au Sud d'Antsirabe, peut être prise comme exemple. C'est une roche rubanée, riche en hornblende. Tout d'abord, sans perdre son caractère extérieur, elle devient seulement de couleur plus claire, parce que ses feldspaths, qui étaient peu distincts dans la roche fraîche, apparaissent nettement en prenant une teinte d'un blanc de lait ; ce sont des plagioclases accompagnés d'un peu de quartz.

L'altération complète se fait brusquement, comme dans le cas des gabbros diabasiques ; la roche devient jaune, caverneuse, tendre ; dans certains cas, lorsque la proportion des feldspaths est grande, il arrive que la roche perd sa consistance, devient particulièrement sableuse, avant que la limonite se soit développée. Ce cas est réalisé dans des roches qui, en outre des éléments énumérés plus haut, renferment beaucoup de biotite.

L'examen microscopique fait voir que l'altération débute par la fissuration des feldspaths qui, peu à peu, se transforment en substance colloïde ; il existe un stade dans lequel les feldspaths sont entièrement détruits, alors qu'aucun des éléments colorés ne présente encore d'altération apparente. La roche a conservé son aspect externe normal, sauf la réserve concernant l'aspect des feldspaths indiquée plus haut.

Sur une largeur de quelques centimètres, quelquefois moins, la décomposition de ces minéraux débute et s'achève : c'est le point où la roche devient jaune et caverneuse. Ces minerais ne donnent naissance à aucun produit d'altération cristallisé, mais seulement à de la stilpnosidérite cloisonnée, qui rappelle par sa structure celle que j'ai figurée dans mon étude de la décomposition des péridotites de Guinée.

J'ai examiné un certain nombre d'échantillons recueillis à des niveaux différents de plus en plus rapprochés de la surface ; ils ne se distinguent guère les uns des autres ; on voit seulement apparaître, mais d'une façon irrégulière, plus ou moins d'hydrargillite ; le produit d'altération est essentiellement un mélange de silicate et d'hydrate d'alumine.

Afin de savoir si ce dernier se forme dès le début de la décomposition des feldspaths, en même temps que le silicate, ou s'il provient de la destruction de celui-ci, j'ai fait faire (M. Raoult) l'analyse de la partie attaquable d'un échantillon dans lequel les feldspaths commençaient seulement à s'attaquer. Les résultats de cette analyse sont donnés ci-contre (**430** et **430** *bis*).

	431	431 bis
SiO^2	30,88	45,15
Al^2O^3	10,13	14,81
Fe^2O^3	2,86	4,17
FeO	11,72	17,16
MgO	1,76	2,57
CaO	4,02	5,87
$Na^2O + K^2O$	tr.	tr.
TiO^2	0,48	0,70
P^2O^5	0,13	0,19
$H^2O +$	5,09	7,44
—	1,33	1,94
Quartz	31,61	»
	100,01	100,00

Il n'est pas possible d'interpréter avec certitude ces résultats, dans l'ignorance où nous sommes de la combinaison dans laquelle entrent les oxydes des métaux bivalents. Mais même s'ils constituent encore des métasilicates, le rapport de la silice non combinée à l'alumine est plus grand que celui qui convient à la kaolinite : il n'est donc pas vraisemblable qu'il existe de l'alumine libre. L'altération débute donc par la production d'un silicate, qui ensuite est détruit avec production d'hydrate d'alumine dans un type plus évolué qui n'a pas été analysé.

Un gneiss d'Antsiravory, près d'Antsirabe renfermant de l'amphibole, de la biotite, du sphène, de la titanomagnétite et un peu de quartz, fournit des résultats identiques à ceux qui viennent d'être exposés. Cette roche, ayant l'aspect d'un kaolin impur, est intéressante en ce qu'elle permet de constater que la décomposition du plagioclase s'effectue avant celle de l'orthose et qu'elle peut être entièrement consommée avant que les minéraux colorés soient attaqués à leur tour.

β. **Basaltes.** — Les basaltes des Hauts-Plateaux et aussi ceux de l'Ouest (plateau d'Antanimena) présentent fréquemment l'altération argileuse ; j'ai particulièrement étudié le cas de la coulée de basalte terminale du Mandray[1] (altitude 1 719 mètres) et de dykes de la même roche, à gros éléments, qui peuvent être comparés à une diabase ; ces dykes traversent les gneiss du Mandray.

Deux stades d'altération ont été observés et qui correspondent à ceux de l'amphibolite de Vinaninkarena ; dans le premier, la roche prend une couleur claire, par suite du blanchiment des feldspaths ; elle est fragile, mais encore assez résistante ; au microscope, on voit l'olivine transformée en bowlingite ; l'augite et la titanomagnétite sont intactes ; les plagioclases sont entièrement transformés en produits colloïdes transparents.

1. Au pied du Mandray et à une altitude de 1 575 m., au village de Vohitrarivo, se trouve une autre coulée, plus épaisse, se dirigeant vers la Sahatsiho ; elle présente la transformation gibbsitique (Cf. p. 115).

Un second terme présente une texture qui rappelle celle en pain d'épice ; la roche est devenue jaune et terreuse ; seule la bowlingite et un peu de titanomagnétite sont restées intactes, tout le reste est décomposé en produits colloïdes ; de la stilpnosidérite jaune envahit irrégulièrement la roche.

C'est encore un mode de décomposition analogue qui caractérise l'ankaratrite mélilitique à olivine d'Amparafaravola, près de l'extrémité Nord-Ouest du lac Alaotra. Il n'existe pas de cuirasse ; la roche s'altère en une substance jaune ocreuse peu cohérente ; j'avais cru recueillir des échantillons entièrement décomposés et cependant, au microscope, l'on peut y constater que l'olivine, l'augite et une partie de la titanomagnétite sont intactes, alors que la mélilite et la néphéline sont entièrement transformées en produits colloïdes, mélangés à un peu de stilpnosidérite.

Je donne ci-dessous l'analyse d'une terre rouge recouvrant la coulée de basalte de la base du Mandray. Elle présente une composition anormale ; elle ne renferme pas d'alumine libre ; c'est une argile non latéritique.

	432	432 bis
SiO^2	29,06	31,25
Al^2O^3	24,41	26,24
Fe^2O^3	21,33	22,94
FeO	0,44	0,47
MgO	tr.	tr.
CaO	0,12	0,13
$Na^2O + K^2O$	0,05	0,05
TiO^2	4,03	4,34
P^2O^5	0,13	0,14
$H^2O +$	11,18	12,02
—	2,25	2,42
Insoluble	7,34	»
	100,34	100,00

$SiO^2 . Al^2O^3 . 2H^2O + 1Aq$	$2Fe^2O^3 . 3H^2O$	Fe^2O^3	$TiO^2 . 2H^2O$
70	19	7	4

γ. **Péridotites et pyroxénites.** — Les quelques gisements de péridotites, transformées en serpentine, que je connais à Madagascar ne semblent pas présenter d'altération latéritique.

Par contre, la diallagite feldspathique du mont Ankitsika (lac Alaotra), se transforme en une latérite silicatée ferrugineuse poreuse, jaune rougeâtre, se débitant en petits solides polyédriques qui rappellent les particularités de structure de la latérite des péridotites du mont Kakoulima (Guinée). Elle est entièrement colloïdale ; sa composition chimique est la suivante : **433**) (M. Raoult).

	433	433 bis
SiO^2	15,78	18,28
Al^2O^3	15,37	17,81
Fe^2O^3	34,73	40,25
FeO	0,92	1,06
MgO	0,07	0,08
CaO	0,28	0,32
Alcalis	0,30	0,34
TiO^2	2,88	3,33
P^2O^5	tr.	tr.
H^2O +	13,28	15,39
—	2,72	3,14
Insol.	14,02	»
	100,35	100,00

$Al^2O^3 . 3H^2O$	$2Fe^2O^3 . 3H^2O^3$	$2SiO^2 . Al^2O^3 . 2H^2O + 1Aq$	$TiO^2 . 2H^2O$
3	48	44	5

δ. **Éluvions.** — On a vu page 117 que lorsqu'on examine dans le Massif cristallin des coupes de roches altérées, on voit souvent au-dessus de la zone ayant perdu sa structure originelle une couche superficielle, d'ordinaire plus rouge, qui débute quelquefois par un cordon anguleux de fragments de quartz.

Le plus souvent, la consistance de cette couche éluviale[1] est la même que celle de la roche altérée, en place, qu'elle recouvre. Il est des cas, où il faut quelque attention pour établir la distinction que je viens d'esquisser et cela est surtout vrai, lorsqu'il s'agit de l'altération du granite et de la pegmatite. Tel était le cas des éluvions d'Anjanabonoina, au moment où j'ai visité ce gisement.

Dans d'autres cas, il existe une différence tranchée de couleur et de composition entre l'éluvion et la latérite sous-jacente, comme à Ambatofotsikely, où la latérite blanche, gibbsitique, est recouverte par une éluvion rouge, argileuse, dont l'analyse est donnée plus loin.

La caractéristique de la décomposition de ces terres éluvionnaires est leur transformation en argile latéritique ou en latérite argileuse. L'argile rouge colloïdale, mélangée d'hydrates, qui les constitue essentiellement englobe des débris de minéraux non altérés ou complètement transformés ; lorsque, comme à Ambatofotsikely, il existe des portions uniquement constituées par de l'hydrargillite, il est évident qu'elles sont des débris de roches sous-jacentes présentant la transformation gibbsitique. Elles sont incolores et limpides au milieu de la masse fondamentale qui, en lames minces, est trouble et rougeâtre. Les particularités

1. M. Perrier de la Bathie m'a signalé l'absence habituelle de cette zone éluviale dans l'Ouest de l'île ; il attribue cette particularité à la violence plus grande des pluies, à la dénudation végétale plus intense et, par suite, à une érosion plus rapide qui met à vif la roche altérée en place, quel que soit son genre d'altération.

observées dans ces argiles ou latérites d'éluvions ne diffèrent pas de celles des mêmes roches altérées en place ; je n'insisterai donc pas sur elles.

Je donne ci-contre deux analyses : la première 434) de l'éluvion de Nosizato (Pisani), qui recouvre l'argile latéritique dont l'analyse est donnée page 120 et celle 435) et 435 *bis*) d'Ambatofotsikely (M. Raoult) qui recouvre la latérite gibbsitique dont l'analyse se trouve page 111 ; enfin, 436) de l'éluvion friable du Mandray (sur granite).

	434	435	435 bis	436
SiO^2	28,4	21,19	28,15	31,25
Al^2O^3	47,4	32,27	42,88	26,24
Fe^2O^3	12,7	3,76	4,99	22,94
FeO	»	0,49	0,65	0,47
MgO	»	0,07	0,09	traces
CaO	»	0,20	0,26	0,13
Alcali	»	0,28	0,37	0,05
TiO^2	0,6	0,55	0,73	4,34
P^2O^5	»	0,28	0,37	0,14
H^2O +	10,9	15,09	20,05	12,02
—	»	1,10	1,46	2,42
Quartz	»	24,66	»	»
	100,00	99,94	100,00	100,00

	$Al^2O^3 . H^2O$	$Al^2O^3 . 3H^2O$	$2Fe^2O^3 . 3H^2O$	Fe^2O^3	$2SiO^2 . Al^2O^3 . 2H^2O$	SiO^2	TiO^2	Al^2O^3
434	16	»	»	13	61	»	»	10
435	»	29	6	»	64 (+0,5.Aq)	»	1	»
436	»	»	19	7	70	0,4	4	»

On voit que ce sont des argiles latéritiques, l'argile de Mandray ne renferme pas d'alumine libre ; nous avons vu déjà cette même particularité dans l'argile formée aux dépens du basalte du voisinage.

B. — *Latérites ferrugineuses et bauxitiques.*

Le phénomène de concrétionnement superficiel qui, en Afrique occidentale, conduit à la production d'une cuirasse continue formée par une véritable latérite, ne présente pas, à Madagascar, un caractère de semblable généralité, même lorsqu'on considère exclusivement les régions de basse altitude plus strictement comparables aux régions africaines, auxquelles je fais allusion. Voici les observations que j'ai pu recueillir à cet égard.

D'une façon générale, au voisinage de la surface, les roches altérées, et notamment les éluvions, renferment souvent en abondance des ébauches de concrétions ferrugineuses, sous forme de grains plus ou moins arrondis, de pisolites irrégu-

liers, constitués par de la stilpnosidérite, mélangée à de la limonite et englobant des grains de quartz, dans le cas des roches quartzeuses. Ces pisolites sont libres dans l'argile, à la façon de ceux du Sidérolitique français.

Dans certains cas, ces pisolites sont un peu manganésifères. Il existe même de gros nodules exclusivement manganésifères, tels ceux de psilomélane barytique, à surface botroïde et à structure fibreuse qui, dans la région de Maevatanana, entre la Belambo et la Betaimby, se trouvent dans la terre rouge ; ils englobent des grains de quartz et de feldspath altérés provenant du granite sous-jacent.

Ces concrétions ferrugineuses forment non seulement des pisolites, mais parfois des nodules, des gâteaux alignés, et dépourvus de continuité ; quand le quartz y est très abondant, ils ont parfois l'aspect d'un ciment ferrugineux prédominant. Il n'est pas rare d'y voir, englobés dans une masse compacte, des pisolites parfaitement réguliers de stilpnosidérite (Fihaonana, entre Tananarive et Ankazobe).

a. — **Cuirasse latéritique.**

Dans un petit nombre de gisements, réalisant la condition de présenter des surfaces à peu près horizontales, ces nodules se soudent pour former une véritable cuirasse latéritique. Deux cas peuvent être considérés.

α. — **Cuirasse ferrugineuse.** — Les coulées de basalte épanchées sur des pentes très faibles réalisent la condition topographique nécessaire pour la production d'une cuirasse ; dans les régions où je connais ce type de formation, il semble d'origine ancienne, car il est démantelé par l'érosion ou caché sous des apports postérieurs.

Sur la côte orientale de l'île, entre Farafangana et Vangaindrano, la chaîne basaltique côtière, inclinée en pente douce vers la mer, semble avoir été jadis couverte par une cuirasse ferrugineuse continue, aujourd'hui morcelée, et ne subsistant sur les sommets que par lambeaux discontinus[1]. Localement, elle supporte la forêt tropicale.

Cette cuirasse, formée par une latérite ferrugineuse fistuleuse, a environ 1 mètre d'épaisseur ; elle recouvre une couche argileuse riche en concrétions, non cimentées, d'environ 2 mètres de puissance ; celle-ci repose sur 8 ou 10 mètres d'argiles latéritiques ayant le basalte pour support. Les échantillons que j'ai examinés ont été recueillis par M. Perrier de la Bathie entre Tsararano et Farafangana. Dans le récit de son voyage [193], Geay cite, entre Vangaindrano et Farafangana, ces roches ferrugineuses dans lesquelles il a reconnu « la structure

1. D'après les renseignements que vient de me communiquer M. Rouaix, une structure analogue paraît exister sur le plateau basaltique de la Table, au N. d'Antalaha, dont la surface est couverte de blocs ferrugineux atteignant un demi-mètre cube.

caverneuse des roches à ravets des Guyanes » qu'il devait bien connaître, lui qui avait longtemps voyagé dans l'Amérique du Sud. M. Dropsy, qui a vu dans mon laboratoire des roches de ce genre, m'a assuré les avoir remarquées jadis sur la côte Sud-orientale jusqu'à l'Est de Fort-Dauphin.

Des observations du même genre ont été faites sur les coulées basaltiques de la région sédimentaire de l'Ouest, et particulièrement sur le plateau d'Antanimena. Là encore, le basalte est surmonté par une argile rouge, d'autant plus foncée qu'on se rapproche davantage de la surface. Au milieu d'elle, se rencontrent des blocs volcaniques, en voie de transformation, et des rognons de calcédoine qui en proviennent. Au sommet, une cuirasse continue a jusqu'à $0^m,80$ d'épaisseur. Les échantillons que j'ai vus renferment en abondance des concrétions pisolitiques de stilpnosidérite ; elles proviennent de la coalescence de grains qui se rencontrent, à l'état disséminé, dans la terre rouge sous-jacente. Généralement, cette cuirasse, d'âge ancien, est cachée sous une couverture de $0^m,40$ à $1^m,50$ de terre humique, dans bien des cas d'origine éluviale, car on y trouve fréquemment des grains de quartz.

Les échantillons que je dois à M. Perrier de la Bathie ont été recueillis entre le Ranobe et le Manambao et au lac Maliolio, dépression creusée dans la formation latéritique de l'Antanimena et qui permet d'en voir de bonnes coupes. Dans cette même région, se trouvent des pisolites manganésifères, noirâtres et aussi les racines silicifiées dont il sera question plus loin.

Enfin Rouquette m'a signalé une cuirasse latéritique ferrugineuse sur le plateau volcanique de 2 000 mètres d'altitude, situé entre le mont Ambondro et l'Ambohimahavavy (Ankaizina), mais je n'ai pas étudié d'échantillons provenant de cette région.

Voici quelques analyses de ces latérites ferrugineuses (M. Orcel)[1] : **437.** Entre le Ranobe et le Manambao (pisolites agglomérés) ; **438.** Entre Tsararano et Farafangana (cuirasse fistuleuse) ; **439.** Lac Maliolio (pisolites agglomérés).

	437	437 bis	438	438 bis	439	439 bis
SiO^2	0,62	0,63	0,45	0,48	5,80	10,88
Al^2O^3	9,80	9,97	14,48	15,31	10,05	18,85
Fe^2O^3	69,96	71,21	62,09	64,06	21,70	40,71
TiO^2	1,57	1,60	»	1,64	0,96	1,80
H^2O +	14,40	14,66	16,30	17,24	13,35	25,04
—	1,90	1,93	1,28	1,32	1,45	2,72
Insoluble	2,67	»	6,29	»	47,60	»
	100,92	100,00	100,85	100,00	100,91	100,00

	$Al^2O^3 . 3H^2O$	$2Fe^2O^3 . 3H^2O$	Fe^2O^3	$2SiO^2 . Al^2O^3 . 2H^2O$	$TiO^2 . 2H^2O$	TiO^2
437	22	65	9	2	»	2
438	14	79	5	1	»	1
439	16	48	»	33 (+ 5 Aq)	3	»

1. Il n'a pas été tenu compte dans le calcul de la composition de ces latérites de l'eau dosée à 110° (H^2O —).

Ce sont de véritables latérites beaucoup plus ferrifères qu'alumineuses et des latérites silicatées.

β. — **Cuirasse bauxitique.** — Quelques observations faites dans le massif de l'Ankaratra tendent à montrer que, sur des surfaces planes, il existe aussi des lambeaux de cuirasse, observés sur quelques centaines d'hectares seulement ; elle atteint de 1 à 2 mètres d'épaisseur. Il est bien possible qu'une semblable cuirasse se forme actuellement sous la couche tourbeuse du fond plat des vallées qui entaillent le massif.

Les échantillons que j'ai étudiés proviennent des régions suivantes : Est de Manjakatompo, au pied oriental du Tsiafajavona et région de Betafo : Nord du cratère d'Ifasina : Ouest d'Ambohimasina ; monts Inanavana et Mandroseza. Ils consistent en une roche dure, jaune ou brunâtre, dans laquelle, au microscope, on voit des substances colloïdes concrétionnées, parmi lesquelles abonde la limonite ; quelques pisolites de stilpnosidérite y sont enchâssés, solidement cimentés. L'examen microscopique fait voir que la plus grande partie de la roche est colloïde, avec des ponctuations et de petites veinules d'hydrargillite secondaire. Enfin, quelquefois se rencontrent des fragments de basalte, présentant la transformation gibbsitique ; à Manjakatompo, la structure de ces fragments est microgrenue et leur origine ne pourrait être démêlée, sans la persistance de petits grains de magnétite, jalonnant la silhouette d'anciens microlites feldspathiques.

On sait que ce que les Malgaches appellent Tampoketsa consiste en plateaux, à peu près déserts et stériles sur quoi, après les feux de brousse, l'herbe (*bozaka*) apparaît en touffes séparées, comme des plants de riz (*ketsa*) (*tampo* = sommet). Des flaques d'eau persistent à la surface des parties planes de ces plateaux pendant toute la saison des pluies. Ainsi, sont réalisées l'ensemble des conditions qui caractérisent les *bowals* de la Guinée et par suite, il n'est pas surprenant de voir que la surface de ces Tampoketsa est souvent constituée par une croûte dure, comparable à la cuirasse latéritique de ce dernier pays.

La latérite formant la couche supérieure du Tampoketsa d'Ankazobe et de ceux dont il est question plus loin, est rougeâtre, fistuleuse ; elle renferme souvent quelques pisolites de stilpnosidérite ; l'examen microscopique fait voir qu'elle est amorphe.

J'attribue la même origine à une latérite bauxitique rouge, tachetée de rose de la plaine d'Ankay qui est employée pour le ballast du chemin de fer près de Moramanga, mais que je n'ai pas vue en place. Elle diffère seulement de la précédente en ce qu'au microscope, l'on y observe beaucoup de ponctuations d'hydrargillite secondaire.

J'ai montré page 110 que la latérite constituant la grande masse profonde du Tampoketsa d'Ankazobe est *gibbsitique*, or on vient de voir que la croûte superficielle est *bauxitique* ; il semble donc qu'il y ait là une contradiction avec la relation constante que j'ai constatée en Guinée entre la constitution minéralogique de la cuirasse et celle de la latérite de la zone de départ sous-jacente, la cuirasse étant gibbsitique, lorsque cette dernière l'est aussi, bauxitique quand la zone de départ est caractérisée par des hydrates et des silicates colloïdes. Je pense qu'il n'y a là qu'une apparence ; la cuirasse discutée ici est séparée de la latérite gibbsitique en place par une zone argileuse, renfermant des blocs concrétionnés ; j'estime que la cuirasse ne résulte pas de la transformation directe de la latérite en place sous-jacente ; elle provient de la modification d'une zone éluvionnaire intermédiaire, dans laquelle le régime était celui de la latérite argileuse.

Je donne ci-contre quelques analyses de cuirasses qui constituent de véritables latérites bauxitiques : **440.** Mont Inanavana ; **441.** Mont Mandroseza ; **442.** Manjakatompo ; **443.** Tampoketsa d'Ankazobe (**440** et **441**, M. Raoult, **442**, M. Orcel, **443**, Pisani).

	440	440 bis	441	441 bis	442	442 bis	443	443 bis
SiO^2. . .	2,26	2,29	1,62	1,67	0,70	0,70	1,00	1,07
Al^2O^3. . .	45,58	45,87	30,38	31,29	49,75	49,90	46,30	50,00
Fe^2O^3. . .	17,69	17,81	37,08	38,19	14,04	14,08	20,70	22,36
FeO. . .	0,54	0,54	0,27	0,28	»	»	»	»
gMO. . .	0,09	0,09	0,06	0,06	»	»	»	»
CaO. . .	0,22	0,22	0,20	0,21	»	»	»	»
Alcalis. . .	tr.	tr.	0,16	0,32	»	»	»	»
TiO^2. . .	2,79	2,81	4,00	4,12	3,18	3,19	»	»
P^2O^5. . .	tr.	tr.	tr.	tr.	»	»	»	»
H^2O +. .	28,73	28,91	19,67	20,26	30,19	30,30	24,60	26,57
—. .	1,45	1,46	3,66	3,76	1,82	1,83		
Insoluble. .	1,00	»	3,22	»	0,56	»	8,20	»
	100,35	100,00	100,32	100,00	100,24	100,00	100,80	100,00

	$Al^2O^3 . 3H^2O$	$2Fe^2O^3 . 3H^2O$	Fe^2O^3	$2SiO^2 . Al^2O^3 . 2H^2O$	$TiO^2 . 2H^2O$
440	68	21	»	7 (+ 6Aq)	4
441 (1)	47	28	16	4	5 (TiO^2)
442	76	17	»	2 (+ 2Aq)	5
443	75	2	21	2	»

C. — *Transformation en kaolin.*

a. — Kaolin.

Madagascar est remarquable, parmi les pays tropicaux, par l'importance de la transformation des roches granitiques et gneissiques en kaolin : en aucun cas,

1. Il n'a pas été tenu compte dans le calcul de la composition de cette latérite, de l'eau dosée à 110° (H^2O —).

je n'ai observé de stades intermédiaires de formation de séricite aux dépens des feldspaths.

La pegmatite de la carrière du centre à Maharitra est fragile, mais assez cohérente. Par contre, dans la carrière inférieure, il existe des points, où les feldspaths s'émiettent sous le moindre choc, comme dans la pegmatite en voie de latéritisation de Tsilaizina. La poussière résultante est d'un blanc éclatant et très onctueuse. Quand, par lévigation, on a séparé les débris de feldspaths non transformés, on constate que le résidu est exclusivement constitué par des lamelles de kaolinite. C'est un kaolin pouvant rivaliser de pureté avec les plus beaux échantillons de Saint-Yrieix. Un kaolin complètement dépourvu de feldspaths se trouve à Andilana (lac Alaotra).

L'*analyse* a donné les résultats suivants : **444** Maharitra après déduction de 7,1 pour 100 de feldspaths non attaqués (Pisani), **445** Andilana (M. Orcel) :

	444	445
SiO^2	43,4	43,90
Al^2O^3	39,5	38,80
Fe^2O^3	»	»
CaO	»	0,03
MgO	»	0,10
TiO^2	»	»
H^2O +	17,1	14,30
—	»	1,87
Insoluble	»	0,48
	100,0	99,38

444 correspond à 93 pour 100 de kaolinite et 4 pour 100 de $Al^2O^3 . 3H^2O$, mais il existe en outre un excès d'eau de 2,7 pour 100 ; il faut en conclure qu'en outre de la kaolinite il existe probablement un peu de silicate d'alumine plus hydraté ; une argile a été trouvée aussi en grosses masses très pures dans la même carrière ; l'analyse que j'en ai donnée à la page 499 du tome I conduit sensiblement à la formule $2SiO^2 . Al^2O^3 . 2H^2O$ et légitime l'hypothèse dont je me suis servi plus haut pour l'interprétation des analyses de latérites.

Quant à l'*analyse* **445**, elle conduit à la composition suivante :

$2SiO^2 . Al^2O^3 . 2H^2O_o . 2Aq$	$Al^2O^3 . 3H^2O$
98	2

J'ai examiné des kaolins analogues provenant de divers autres gisements : Behenjy (perte au feu 18 pour 100), Tsiazompaniry, dans le district d'Andramasina (Ouest d'Ambatoafo, près du chemin d'Anosibe à Tsiazompaniry ; Ankeramadinika ; Nord-Ouest de Ranomagatsiaka ; Sud de Fehasinana, etc.). Le sondage d'Antsirabe a fait rencontrer, à 25 mètres au-dessous de la surface et sous les

alluvions, une pegmatite offrant ce type d'altération. L'examen microscopique montre que le quartz et quelques cristaux de zircon sont enveloppés dans les lamelles de kaolinite provenant les unes de l'épigénie des feldspaths, et les autres de celle du mica primaire de la roche, car on y distingue des inclusions de très fines aiguilles de rutile ; ce fait est intéressant, car il permet d'interpréter l'origine d'un curieux échantillon que je dois à M. Perrier de la Bathie et qu'il a recueilli à Ambatolampy, sur la route de Tananarive à Antsirabe. Sur des alluvions, et sous une couche de tourbe, se trouve un lit mince formé par de petites paillettes blanches, à éclat nacré, d'une kaolinite dout j'ai donné l'analyse à la page 494 du tome I. L'examen microscopique fait voir que ces paillettes, au lieu d'être limpides, sont troubles, remplies d'inclusions opaques de forme indistincte, de telle sorte qu'il me paraît vraisemblable qu'elles ne sont pas d'origine primaire, mais proviennent de la transformation d'un mica.

Je noterai encore un beau kaolin friable, très blanc, renfermant quelques paillettes de graphite, qui a été formé aux dépens de lits exclusivement feldspathiques du gneiss graphiteux d'Ambakoana, près Anivorano. Au milieu de ce kaolin, se trouvent les masses siliceuses décrites page 137.

Dans le Betsileo, entre Ambohimasoa et Ambositra, sur de grandes surfaces, le granite et le gneiss présentent une altération en kaolinite.

Ce sont ces divers gisements dont les Malgaches extraient par lévigation le kaolin qu'ils emploient pour les divers usages dont il a été question à la page 178 du tome II.

A côté de la kaolinisation qui a une importance très générale, il y a lieu de signaler quelques cas particuliers, ceux de la transformation en faratsihite et en nontronite.

b. — **Transformation en faratsihite.**

On a vu tome I, page 496, que la faratsihite de Faratsiho, en masses d'un jaune serin, a été formée par l'altération d'un trachyte ; le même minéral épigénise les feldspaths du gneiss d'Antsolifara, au Sud d'Antsirabe. J'ai étudié en outre de nombreux échantillons d'une transformation analogue produite aux dépens de gneiss, peu ou pas quartzeux, du gisement de graphite d'Ambakoana. Certains lits sont transformés en une masse compacte, jaune, translucide sur les bords de faratsihite, renfermant ou non des paillettes de graphite. Dans d'autres cas, la roche est nettement concrétionnée et criblée de cavités, sur le bord desquelles la faratsihite prend une disposition fibrolamellaire et se termine souvent par une couche de lamelles de kaolinite, d'un blanc éclatant. On vient de voir que dans

le même gisement, se trouve du kaolin. Aux affleurements, ces roches sont recouvertes d'une zone ferrugineuse, riche en limonite, plus ou moins déshydratée, cimentant des grains de quartz ; je n'ai pas de renseignements sur ses relations génétiques avec le sous-sol.

A Ambano, au Nord d'Antsirabe, la pegmatite et le gneiss sont traversés par des filons de basalte. Au contact de ceux-ci, le feldspath du gneiss est transformé en faratsihite d'un jaune verdâtre foncé, grâce à des circulations aqueuses qui ont été facilitées par la discontinuité lithologique du contact des deux roches.

c. — **Transformation en nontronite.**

Une altération analogue à la précédente s'observe à Behenjy. Une pyroxénite à biotite est transformée en une masse d'un vert serin, peu cohérente que beaucoup de prospecteurs ont prise, à cause de sa couleur, pour de l'autunite ; j'en ai donné l'analyse page 497 du tome I, il s'agit là d'une nontronite. On y trouve englobés quelques fragments de la roche non décomposée.

B. — *Latérites alluvionnaires (latéritites).*

Je désigne sous ce nom les alluvions, formées par des débris de roches déjà latéritisées charriés postérieurement à leur transformation (*latéritite* de Fermor). Dans les alluvions traversées par les sondages d'Antsirabe, les portions riches en matériaux volcaniques sont presque toujours de couleur claire, sauf dans la partie superficielle, où, sur un mètre ou deux, elles sont plus ou moins rubéfiées. Des concrétions ferrugineuses, d'ordinaire colloïdes, s'y rencontrent fréquemment ; dans les zones blanches, elles sont constituées par des fragments agglutinés de roches volcaniques (ponces, rhyolites, andésites, trachytes, basaltes) et de débris clastiques de quartz. Les feldspaths de ces laves sont généralement épigénisés par de l'hydrargillite ; il n'est pas douteux que ce minéral ne soit de formation antérieure au transport, mais d'autre part, l'hydrargillite tapisse aussi toutes les cavités des parois ferrugineuses concrétionnées, elle imprègne les fissures du quartz et dans ce cas, il est évident qu'elle s'est formée sur place ; nous retrouvons donc ici, sous une forme très atténuée, la caractéristique que j'ai établie pour les latérites alluvionnaires, à éléments de diabase et de granite de Mamou, en Guinée. mais les phénomènes de concrétion y sont infiniment moins développés et je n'ai pas rencontré à Madagascar dans ce type latéritique ces agglomérations de pisolites si fréquents en Afrique occidentale.

Dans la région de Sambaina, au Nord d'Antsirabe, se trouvent des alluvions de même nature ; dans leur partie superficielle, se voient de petits fragments, à cassure compacte et à surface corrodée ; ils sont presque entièrement formés par de l'hydrargillite finement grenue ; dans les couches rouges tout à fait superficielles, il existe des rognons discontinus de limonite, à structure écailleuse et stratiforme qui se sont formés non pas tout à fait à la surface, mais entre deux couches non perméables.

Enfin, il me reste à signaler la latérite alluviale, trouvée dans le sondage d'Antsirabe, à 28 mètres de profondeur, reposant sur le gneiss. C'est une couche meuble, rouge, formée par une matière amorphe, enveloppant des grains de quartz, de feldspath intact (orthose, microcline, plagioclase) et de vermiculite.

L'*analyse* **446** donne la composition de la partie attaquable par l'acide sulfurique, déduction faite de 55,60 pour 100 de produits inattaqués.

	446
SiO^2	20,58
TiO^2	1,55
Al^2O^3	45,92
Fe^2O^3	9,00
MgO	2,40
CaO	»
Alcalis	»
P^2O^5	»
H^2O	20,55
	100,00

Il est impossible de faire un calcul exact avec ces résultats ; ils comprennent en effet le produit de l'attaque de la matière amorphe et de la vermiculite dont la composition n'est pas déterminée et qui fournit la magnésie, mais on voit qu'après déduction de la silice entrant vraisemblablement dans la composition de ce minéral, le rapport moléculaire SiO^2 : Al^2O^3 est voisin de 1 : 1,1, il en résulte donc que plus de la moitié de l'alumine se trouve à l'état d'hydrate. La teneur en eau implique que ce dernier est très hydraté. On remarquera la très grande analogie de cette terre rouge avec celle de Nosizato qui, toutefois, est beaucoup moins riche en eau. On se trouve certainement là en présence d'une alluvion latéritique ancienne dont les éléments meubles ont pu être charriés et mélangés ensuite à du sable d'éléments non latéritisés. Cette observation a en outre un intérêt géologique, en montrant que ces phénomènes de latéritisation sont antérieurs au remplissage de la vallée par les alluvions actuelles.

C. — *Latérite d'alluvions.*

J'ai appelé *latérite d'alluvions* des roches qui, dans la plaine du Niger, sont formées aux dépens d'alluvions essentiellement quartzeuses ; celles-ci sont cimentées par des hydrates néogènes (avec prédominance de l'hydrate de fer, associé à un peu de silicate et d'hydrate d'alumine). Cette formation qui est une manifestation de la tendance des sels de fer à venir se concentrer, s'oxyder, se concrétionner à la surface au milieu de matériaux poreux, est très développée à Madagascar et notamment sur les Hauts Plateaux partout où des roches altérées par les procédés étudiés plus haut sont recouvertes par des sables quartzeux d'origine moderne. Il en résulte des rognons, aux formes souvent étranges, parfois tout à fait sphériques (Antanetibe, au Sud de Manjakandriana), disséminés ou bien agglomérés pour former des croûtes plus ou moins continues, jaunes, lorsqu'on peut les voir dans des points encore humides, brunes ou rougeâtres quand elles ont été longtemps exposées au soleil et sont par suite en partie déshydratées. Le premier cas peut être étudié dans des alluvions localement solidifiées d'Analamazaotra ; ces croûtes ferrugineuses se forment d'ordinaire à la surface, mais quelquefois aussi à l'intérieur même des alluvions et dans des positions variées. Ces concrétions ferrugineuses sont quelquefois manganésifères ; tel est le cas de celles d'Ambohidratrimo, de couleur noire, à aspect scoriacé, qui les ont fait prendre par Baron pour des scories volcaniques (Cf. t. I, p. 114).

L'examen microscopique montre que ces roches ferrugineuses consistent essentiellement en grains de quartz, anguleux ou arrondis, englobés par de la limonite ou de la stilpnosidérite ; celle-ci possède les textures les plus diverses, compacte (Anosibe, au Sud de Manjakandriana, Moramanga, etc.), poreuse ou scoriacée et, dans ce cas, irrégulière ou rubanée. Les cavités sont tapissées de mamelons fibreux (kilomètre 102,65 de la route de Tananarive à Antsirabe). La cristallinité de la limonite constituant la masse de la roche n'est généralement visible qu'au microscope ; il est exceptionnel de rencontrer (environs d'Anjanabonoina) des types dans lesquels les grains de quartz sont englobés dans de la limonite uniformément fibreuse.

Il existe aussi des échantillons dans lesquels la proportion de sable quartzeux devient très faible et progressivement nulle. La texture du produit ferrugineux peut être localement pisolitique ; au Petit Vontovorona, près de Tananarive, ces pisolites sont seulement accolés les uns aux autres, donnant aux échantillons un aspect botroïdal. D'une façon assez générale la stilpnosidérite qui constitue les

pisolites de ce genre a une cassure vitreuse et s'écaille parfois en enveloppes emboîtées, fragiles (kilomètres 133 et 141 de la route précitée). Dans d'autres cas, au contraire (kilomètre 30,86 de la même route), ils sont solidement cimentés par un produit de même composition et de même couleur, de telle sorte que leur structure interne n'est visible qu'au microscope.

Certaines de ces roches ferrugineuses ne renferment, en fait d'éléments néogènes, que l'hydrate de fer (kilomètres 83 et 102 de la route du Sud), mais d'autres (kilomètres 72 et 141) contiennent, en outre, une quantité plus ou moins grande de petites paillettes d'hydrargillite, tantôt irrégulièrement distribuées, tantôt concentrées autour des grains de quartz, ou bien (Moramanga ; kilomètres 72, 133, 141 de la route du Sud) dans tous les pores, dans toutes les cavités.

D. — *Minerai de fer d'origine lacustre.*

Les géologues de l'Inde ont attaché une grande importance à la production de latérite dans les marais, et M. Fermor, en particulier, a proposé de considérer comme tels un grand nombre de types pisolitiques, que, pour ma part, je considère comme dus à une concrétion en milieu solide. Il existe à Madagascar un minerai de fer formé certainement dans des lacs ou dans des marais et il n'est pas sans intérêt de faire remarquer qu'il ne possède pas la structure pisolitique.

Une région particulièrement intéressante à ce point de vue est la plaine du haut Mangoro (Ankay), notamment aux environs de Moramanga ; des roches identiques à celles qui viennent d'être décrites renferment parfois de petits fragments de latérites gibbsitiques (passage aux latérites alluvionnaires), mais il existe en outre des lits dépourvus d'éléments détritiques, les uns, généralement bien stratifiés, sont uniquement constitués par de la limonite biréfringente et renferment des empreintes végétales (espèces actuelles), à structure conservée : les autres contiennent une proportion notable de silicate d'alumine colloïdal.

Il faut rattacher à la même origine une stilpnosidérite caverneuse, localement vitreuse et rappelant par son aspect le minerai de fer des Landes ; elle a été recueillie, dans la région de Mantasoa et aussi sur un sol sablonneux au fond d'une dépression de la région sédimentaire des environs de Maintirano (à 12 kilomètres au Nord). Voici l'analyse 447 de la limonite, à empreintes végétales, de la région de Moramanga (Raoult).

	447	447 bis
SiO^2.	2,88	2,91
Al^2O^3.	6,74	6,80
Fe^2O^3.	73,11	73,74
FeO.	0,17	0,17
CaO.	0,04	0,04
TiO^2.	0,27	0,27
H^2O +.	14,05	14,17
—.	1,89	1,90
Quartz.	0,86	»
	100,01	100,00

$2Fe^2O^3 . 3H^2O$	$Al^2O^3 . H^2O$	$2SiO^2 . Al^2O^3 . 2H^2O + Aq$
86,7	5,1	8,1

III. — SILICIFICATION.

La latéritisation et la transformation argileuse sont essentiellement caractérisées par l'élimination de tout ou partie de la silice des roches silicatées, cette silice étant entraînée à l'état de dissolution par les eaux pluviales. J'ai fait remarquer déjà plus haut qu'en Guinée, cet entraînement est total, ou du moins, que je n'ai personnellement observé aucun cas de concrétion de silice dans les zones latéritisées de cette région ; il n'en est pas toujours de même à Madagascar, et voici toute une série d'observations sur ce sujet.

A. — *Formation d'opale.*

Je signalerai tout d'abord le cas exceptionnel dans lequel toute une roche est transformée en opale. Entre les stations d'Anivorano et de Fanovana, dans la forêt de l'Est (Ambatoana), des micaschistes à graphite ont été trouvés qui sont transformés en une opale noire, colorée par le graphite ; dans ses fentes, se trouvent des veines ou des nodules, d'une belle opale translucide dont certains échantillons ont quelques centimètres de diamètre.

Plus généralement, l'opale se trouve sous forme de concrétions au milieu de la terre rouge. A Mahitsy, dans la région d'Ankazobe, des galettes aplaties d'opale atteignant 15 centimètres de diamètre, ont été recueillies au milieu de celle-ci ; leur surface extérieure présente des fentes de retrait ; leur cassure est conchoïde, leur couleur d'un blanc de lait rappelle celle du cacholong d'Islande. Une variété semblable d'opale accompagne le kaolin à Karaoka, à 2 jours de Miakanjovato.

α. — **Épigénies de racines.** — L'opale ne forme pas toujours des concrétions du genre de celles qui viennent d'être décrites. Dans la terre rouge superficielle, formée, aussi bien sur les gneiss de Hauts Plateaux (15 kilomètres Nord-Ouest d'Anjanabonoina) que sur les sédiments (rive gauche du Manombo, entre Soalala et Besalampy) ou sur les sables sénoniens de Maevarano ou encore sur les basaltes du plateau d'Antanimena, se rencontrent des tubes contournés et ramifiés pouvant atteindre, dans les échantillons que j'ai examinés, une dizaine de centimètres de longueur sur un centimètre de diamètre au moins ; ce sont des racines de végétaux, transformées en opale. Leur cassure est nette et montre de petits tubes creux, autour desquels de l'opale blanche est disposée en zones concentriques.

L'examen microscopique montre une structure anatomique partiellement conservée ; mon confrère, M. Lecomte, auquel je les ai soumis, pense que, dans certains cas, il s'agit de rhizomes de *Nymphéacées*. L'âge de ces racines ne peut être fixé, M. Perrier de la Bathie m'a dit que, sur la côte Ouest, il avait souvent vu des racines d'arbres pénétrer dans le sol latéritisé jusqu'à 20 mètres de la surface. Il semble que ces pseudomorphoses ne s'observent pas aussi profondément et qu'elles restent localisées au voisinage de la surface. Leur production n'est pas un phénomène nécessairement récent, car on trouve quelquefois des échantillons à surface usée et non en place, au milieu d'éluvions.

β. — **Opale dans roches intactes.** — Dans tous les cas qui viennent d'être considérés, l'opale s'est formée au milieu même des roches ayant fourni sa matière. Il n'en est pas toujours de même ; les exploitations de mica de Volonandrongo ont mis au jour des cavités de dissolution de calcite, à aspect géodique, dans lesquelles se trouvent des masses d'opale blanche, englobant des cristaux ou des fragments de tous les minéraux du gisement : pyroxène, sphène, phlogopite, tourmaline, etc., et renfermant une telle quantité de fines aiguilles d'actinote que la couleur blanc de lait normale du minéral se transforme en vert. Cette opale ne peut pas provenir de la décomposition des minéraux voisins qui, tous, sont intacts ; il me paraît plus vraisemblable que la silice, résultant de la décomposition des 5 ou 6 mètres de roches altérées superficielles, a été entraînée par les eaux pluviales et s'est déposée dans les cavités des pyroxénites sous-jacentes tout à fait fraîches (cf. page 142).

B. — *Formation de calcédoine.*

Dans la région d'Anivorano, dont il a été question plus haut, au milieu du gisement graphiteux d'Ambakoana, se trouvent des silex jaunes, compacts, des

meulières riches en cavités que tapissent des mamelons de calcédoine ou des pointements de quartz ; les uns et les autres sont quelquefois colorés en noir par des lamelles de graphite. Leur structure concrétionnée ne laisse voir aucune structure antérieure, de telle sorte que l'on ne peut savoir si leur silice s'est concentrée en des points spéciaux ou si elle épigénise complètement une roche gneissique à la façon de l'opale dont il vient d'être question. Quoi qu'il en soit, il s'agit bien là d'une silicification, associée à du kaolin et à de la faratsihite.

Les environs de Mahanoro renferment de curieux échantillons caverneux, constitués par de petits fragments de schistes micacés très minces, englobés par des croûtes concrétionnées de calcédonite, alternant avec de l'opale.

Des débris de calcédoine concrétionnée se trouvent à l'état fragmentaire dans la latérite éluviale d'Anjanabonoina ; je ne les ai pas vus en place, mais les gisements suivants fournissent une indication sur leur origine probable.

Le gisement d'Itrongay [1], si remarquable par sa pegmatite à orthose jaune d'or et pyroxène, transparents, fournit un exemple curieux d'altération d'une roche pegmatique ; il est singulier en effet, de voir ces minéraux, possédant une transparence exceptionnelle, pénétrés et enveloppés par de la calcédoine (creusée de cavités à surface mamelonnée) ; j'ai même vu un échantillon dans lequel il existait une quantité considérable de quartz grenu secondaire (avec géodes remplies de petits cristaux transparents du même minéral), enveloppant le quartz enfumé et le feldspath de la roche. Aucun autre minéral secondaire ne se rencontre associé à ces minéraux siliceux, Il faut donc admettre que les éléments de ces pegmatites sont attaqués lentement, avec élimination totale de tous les éléments autres que la silice.

Tout autre est le mode de décomposition des feldspaths des pegmatites syénitiques à torendrikite, aegyrine, bastnaésite, etc., de la région Itorendrika-Ifasina. Là il est difficile de trouver un échantillon de feldspath, non seulement intact, mais même en voie d'altération ; le plus souvent, le microcline est transformé en masses cloisonnées de calcédoine, au milieu desquelles on reconnaît encore les clivages p et g^1, entre lesquels la calcédoine forme de petits mamelons translucides. Ce type de pseudomorphose cheminant le long des clivages rappelle celui des feldspaths en hydrargillite décrits plus haut et aussi les pseudomorphoses siliceuses des grands cristaux de gypse de la région parisienne [2]. Souvent aussi, toute trace de structure antérieure a disparu ; des concrétions plus ou moins mamelonnées de calcédoine englobent la tscheflkinite, la bastnaésite et la biotite parfaitement intactes. Il existe aussi des silex gris ou jaunes renfermant parfois, en grande

1. Ce gisement se trouve à la limite de la zone de latéritisation, mais son étude ne peut être détachée de celle des gisements suivants.
2. Cf. page 142, note 1.

quantité, des paillettes de biotite non décomposée, et surtout des masses caverneuses de calcédoine qui rappellent l'aspect des meulières des environs de Paris. Un mode d'altération analogue a complètement détruit tous les feldspaths de la pegmatite à gros cristaux de la région d'Ampanobe.

Dans la région de la Sahatany, à Tompobohitra, j'ai rencontré [51] une ébauche de transformation de ce genre, sous forme de géodes de calcédoine, recouverte de cristaux de quartz, tapissant les cavités d'une pegmatite à rubellite dont les éléments sont inaltérés.

IV. — ALTÉRATIONS DES ROCHES SILICATÉES DE L'EXTRÊME-SUD.

J'ai indiqué plus haut que l'extrémité méridionale de l'île au Sud d'une ligne joignant Tuléar à Fort-Dauphin, ne présente plus de phénomènes de latéritisation. Je ne puis donner de détails très circonstanciés sur cette région que je n'ai pas visitée moi-même, mais les nombreux échantillons que j'ai examinés et les renseignements qui m'ont été fournis par différents observateurs ne laissent pas de doute à cet égard[1].

Les roches silicatées alumineuses présentent des phénomènes de kaolinisation qui se rapprochent tout à fait de ceux observés dans les régions à climat tempéré. Dans le pays Mahafaly (mont Vohibantaza, Zahantselo, etc.) ; à Betaimbola, à 3 heures d'Ampanihy (chemin de Bekily), il existe, au milieu des gneiss et orientés comme eux, des rochers à parois verticales, que l'on pourrait au premier abord prendre pour des dykes. La roche qui les constitue simule une rhyolite ; on y voit, à l'œil nu, des grains de quartz, disséminés dans une pâte, ou bien compacte et dure ou bien terreuse, blanche, jaune ou rouge. L'examen microscopique fait voir qu'il s'agit là de leptynites dont les feldspaths sont totalement transformés en argile colloïde, au milieu de laquelle du quartz, du rutile, parfois du grenat (almandin-pyrope) et du graphite apparaissent avec les formes, les particularités de structure qu'ils présentent dans les leptynites intactes du reste de la région. Assez fréquemment, il existe de la kaolinite, en lamelles empilées à forme d'helminthe ; elles sont régulièrement distribuées ou bien localisées dans des lits distincts. Cette même association de kaolinite cristallisée et de

1. La planche 8 représente le mode de corrosion en monolites cannelés du granite de la syénite, du gneiss des sommets de l'Andringitra du Sud à une altitude qui dépasse 2 000^{m} : les cuvettes du genre de celle de la figure 4 sont remplies par une arène granitique semblable à celle des pays tempérés et qui est inconnue dans la zone latéritisée : il s'agit là d'une désagrégation physique sans altération chimique des minéraux constituants.

silicate d'alumine colloïde caractérise de petits solides limités par des surfaces de glissement, qui se rencontrent dans les pegmatites gemmifères du district de Gunhães, au Sud de Diamantina, au Brésil, dont je dois la communication à M. A.-C. d'Albuquerque.

Une roche identique, mais riche en paillettes de graphite, se trouve à Betioky sur le Manambovo. Les alentours du poste de Kokomba sont favorables aussi à l'étude de la décomposition argileuse (*tanifotsy*) des gneiss.

Les analyses suivantes ont été effectuées : **448** sur un échantillon très riche en argile colloïde de Betaimbola (Pisani, *in* A. Lacroix [133]) ; **449** sur l'argile d'un beau blanc (structure cryptocristalline) de Kokomba (1 kilomètre Sud-Est du poste) (M. Raoult) :

	448	448 bis	449	449 bis
SiO^2	20,07	44,99	40,04	43,82
Al^2O^3	16,80	37,65	30,07	32,90
Fe^2O^3	»	»	1,35	1,48
FeO	»	»	0,29	0,31
MgO	»	»	0,41	0,44
CaO	»	»	0,82	0,88
Alcalis	»	»	tr.	tr.
TiO^2	»	»	4,98	5,45
P^2O^5	»	»	0,00	0,00
H^2O +	7,75	17,36	11,33	12,40
—			2,12	2,32
Quartz	56,30	»	8,92	»
	100,92	100,00	100,33	100,00

	$2SiO^2 . Al^2O^3 . 2H^2O + 0,5Aq$	$2Fe^2O^3 . 3H^2O$	TiO^2	SiO^2
448	100	»	»	»
449	88	2	5	5

La composition chimique correspond très sensiblement à la formule $2SiO^2$ Al^2O^3, $2H^2O + 0,5Aq$, c'est-à-dire à celle d'une halloysite, il n'existe pas d'alumine libre, comme dans les kaolins de la région latéritisée. L'argile de Kokomba renferme en outre de la silice libre et une proportion extraordinaire d'acide titanique colloïde qui ne se manifeste pas minéralogiquement. La petite proportion d'un minerai opaque visible au microscope ne peut pas à lui seul expliquer une semblable teneur.

Cette absence de latéritisation dans l'Extrême-Sud fait comprendre pourquoi les terres arables de la région de Fort-Dauphin, analysées par A. Müntz et E. Rousseaux [268], contiennent plus de potasse que celles de la partie intertropicale de l'île. Ces terres renferment en effet des débris d'orthose et de microcline, intacts ou imparfaitement décomposés qui manquent dans les terres des régions latéritisées.

D'une façon générale, d'après M. Decary, les schistes cristallins de l'Extrême-

Sud, au Sud de la ligne Tranoroa, Kokomba, Vohimena, sont recouverts par des sables rouges, pouvant avoir jusqu'à 10 mètres d'épaisseur. Ils remplissent le lit des rivières qui n'ont d'eau visible que pendant les pluies, et souvent même pendant quelques heures seulement; l'eau s'écoule alors au milieu du sable, où les rares indigènes habitant ce pays désertique sont obligés d'aller la chercher. Ce sable, d'où émergent les roches intactes et des têtes de filons de quartz, renferment (Tsimilofo, Kokomba, Sihanameloka) des concrétions ferrugineuses, à formes botroïdes, constituées par de l'opale mélangée de limonite, en partie déshydratée, qui englobe une grande quantité de sable quartzeux.

Les exploitations de mica du Nord-Ouest et de l'Ouest de Fort-Dauphin et notamment celles d'Ambatoabo et de Marovoalavo présentent des phénomènes comparables à ceux que j'ai signalés plus haut à Volonandrongo (Cf. p. 138), mais ils présentent des différences qui tiennent sans doute à des différences de climat. Dans les grandes cavernes, creusées dans les filons de mica par la dissolution de la calcite (tome II, Pl. 12, fig. 2 et Pl. 13, fig. 1 et 2), on voit quelquefois les cristaux de diopside qui tapissent les parois recouverts de gouttelettes ou supportant des stalactites de hyalite transparente, à surface mamelonnée. Plus souvent, l'on rencontre, accolée aux parois une masse caverneuse, poreuse, ayant l'aspect d'un travertin calcaire et qui est cependant uniquement constituée par de petits cristaux microscopiques de quartz, accompagnés d'opale; ces mêmes minéraux constituent aussi des lames planes, distribuées à travers la masse ou implantées dans de grandes cavités, à contours géométriques, dans lesquelles on peut reconnaître la forme de cristaux de calcite ou de diopside; on remarque alors, par l'orientation de ces lames, par les angles qu'elles font entre elles en se coupant, qu'elles ont été primitivement développées entre les clivages de ces minéraux; cette disposition rappelle celle que j'ai jadis rencontrée dans les pseudomorphoses siliceuses des cristaux de gypse de Paris[1].

Minerais de fer. — A la limite de la région où cesse la latéritisation, entre Ranotsara et Ihosy, M. Perrier de la Bathie m'a signalé l'existence d'un dépôt couvrant plusieurs milliers d'hectares, sur plus de 30 mètres d'épaisseur, d'une argile ferrugineuse, renfermant des rognons de limonite et des cailloux roulés ; cette argile ne présente pas de stratification.

A l'Est de Sahaninoka, entre Betroka et Itrongay, sur les gneiss redressés, se trouvent des alluvions torrentielles à gros galets, recouvertes par une cuirasse de limonite pisolitique ($0^{m},60$) supportant des sables alluvionnaires ou éluvionnaires

1. Le gypse de Paris. *Nouvelles Arch. Muséum*, t. IX, 1897, p. 240, pl. XII.

(0m,60 à 1 mètre) ; il semble qu'il s'agisse là d'une vieille carapace, en quelque sorte fossile, de formation antérieure à celle des alluvions modernes.

L'*analyse* 450 (M. Raoult) montre que ce minerai pisolitique est fort différent de celui de la région latéritisée en ce qu'il ne renferme pas d'alumine libre, mais beaucoup d'argile et une petite quantité de silice non combinée.

	450	450 bis
SiO^2	59,68	23,38
Al^2O^3	15,79	18,76
Fe^2O^3	35,52	42,21
FeO	0,35	0,42
MnO	0,07	0,08
CaO	0,18	0,21
Na^2O	0,11	0,12
K^2O	0,04	0,04
TiO^2	1,24	1,46
P^2O^5	tr.	tr.
H^2O +	9,75	11,57
—	1,47	1,75
Insoluble	16,02	»
	100,22	100,00

Fe^2O^3	$2Fe^2O^3 . 3H^2O$	$2SiO^2 . Al^2O^3 . 2H^2O + 0,5Aq$	SiO^2	TiO^2
14	34	50	1	1

Toutes les roches qui viennent d'être signalées sont essentiellement ferrugineuses ; il me reste à signaler un cas de produit essentiellement alumineux. Dans la vallée de l'Itomampy qui, comme celle du haut Mangoro, est en partie remblayée par des alluvions fluviales et lacustres, il existe, au milieu de celles-ci, de petites concrétions, blanches argileuses, englobées par des argiles jaunes ou rougeâtres superficielles.

CHAPITRE III

ALTÉRATIONS DES SÉDIMENTS QUARTZEUX ET CALCAIRES

Les sédiments quartzeux et calcaires présentent une série de modifications qui sont en rapport avec leur constitution minéralogique spéciale. Je passerai successivement en revue le cas des grès, puis celui des calcaires.

I. — GRÈS.

Latéritoïdes. — Des phénomènes chimiques comparables à quelques-uns de ceux qui viennent d'être décrits dans le Massif cristallin s'observent à la surface des assises gréseuses de la région sédimentaire de l'Ouest; toutes les fois que des coupes nettes peuvent être observées, on constate au voisinage de la surface, que les grès et les sables deviennent de plus en plus rouges, puis il se forme une concentration de nodules ferrugineux, empâtant des grains de quartz. Quelquefois l'apport du fer, a été suffisant pour produire une croûte continue; la stilpnosidérite y est plus fréquente que la limonite.

Comme exemples de ces nodules, je citerai ceux des grès crétacés de Marovoay et aussi ceux des sédiments arénacés, avec lits de galets, qui recouvrent les calcaires éocènes de la région de Majunga (Katsepe; cap Tanjona, entre Majunga et Soalala) (les nodules ferrugineux sont concentrés au sommet des grès, sous une couche de limon fin, qui supporte la végétation).

Dans quelques gisements, ces nodules ferrugineux sont accompagnés de nodules de psilomélane ferrifère, à forme botroïde (sur grès crétacés de Betaboara, sur le Manambao, au Nord-Est de Maintirano).

M. Rouquette m'a signalé que les argiles cénomaniennes de la région d'Analalava par suite de l'existence d'une croûte scoriacée ferrugineuse très dure se

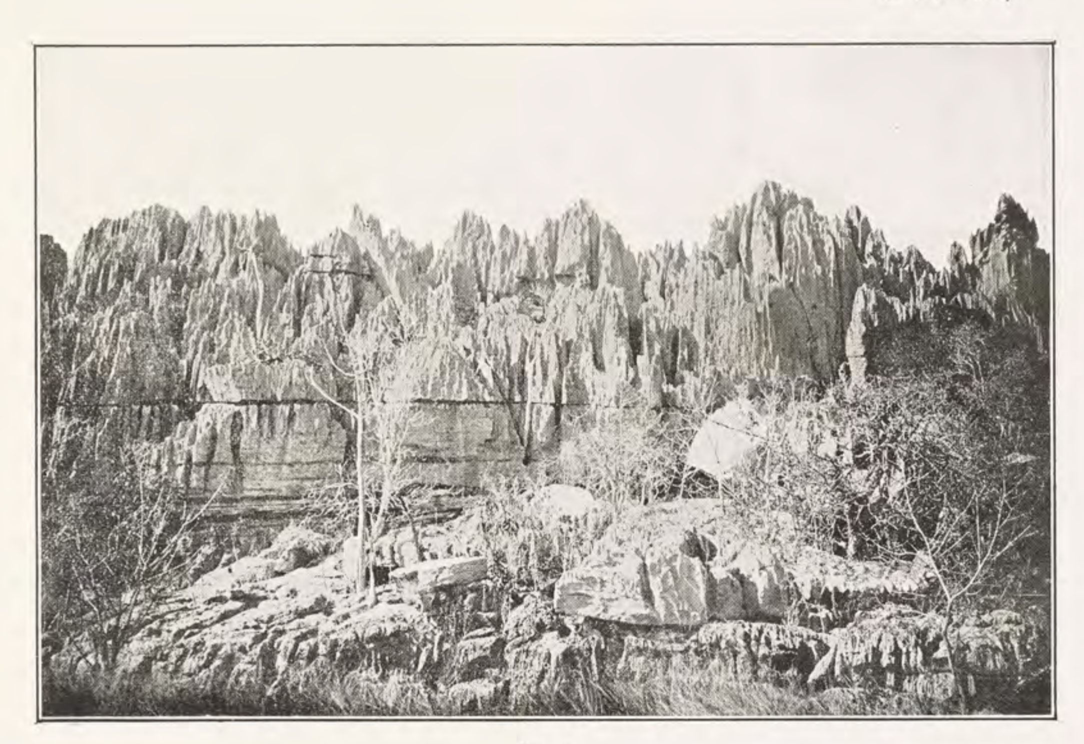


Fig. 1.



Clichés Perrier de la Bathie.

Fig. 2.



Fig. 3.

Corrosion des calcaires. Tsingy du Bemaraha (fig. 1); de Namoroka (Ambohimiriza) (fig. 2); *Tronc d'arbre silicifié* du Jurassique; Mampikony, région de Port Bergé (fig. 3).

formant autour de fossiles ou de fragments de quartz (Ledibeloha) ; les échantillons que j'ai examinés sont jaunes et irrégulièrement compacts. Quand ces argiles sont surmontées par des sables (Ballon Loza), ceux-ci sont localement cimentés par de la limonite : il en résulte des grès ferrugineux qui peuvent par suite se trouver à des niveaux stratigraphiques variés[1].

Ces minerais de fer, parfois manganésifères, formés à la surface de roches gréseuses, peu ferrifères et peu manganésifères, peuvent être comparés, au point de vue génétique, à ces accumulations souvent très importantes de minerais de fer et de manganèse, qui, dans l'Inde, se trouvent à la surface de quartzites, de micaschistes, de schistes et les épigénisent plus ou moins complètement, minerais qu'à cause de leur analogie de facies avec ceux des véritables latérites, M. L. Fermor a proposé[2] de désigner sous le nom de *latéritoïde*.

II. — CALCAIRES.

Il existe un contraste remarquable entre l'aspect des affleurements calcaires dans la zone de latéritisation et dans la région méridionale de l'île.

A. — *Zone de latéritisation.*

a. — Corrosion par dissolution.

Corrosion. — Dans la zone de latéritisation, les phénomènes de corrosion et de dissolution dus au ruissellement superficiel s'exercent d'une manière remarquablement intense sur les calcaires, là où ils ne sont pas protégés par la végétation. Lorsqu'ils sont compacts, ils présentent d'une façon saisissante le phénomène des *lapiaz*, avec les formes les plus pittoresques et les plus capricieuses. J'en ai vu dans les calcaires jurassiques de la région d'Ampasindava, mais bien plus beaux et surtout plus grandioses sont ceux de l'Ouest qui ont frappé tous les voyageurs et en particulier Baron[3] et M. E. Gautier [292].

La planche 7 représente deux magnifiques exemples de ces constructions den-

1. M. Petit vient de me remettre de curieuses boules ovoïdes mesurant de 5 à 7^{cm} suivant leur grand axe, à l'une des extrémités duquel s'observe une petite queue irrégulière. Quand on les brise, on constate que leur centre est constitué par du sable blanc peu cohérent et la périphérie par une croûte de 5^{cm} d'épaisseur cimentée par de la limonite. Ces échantillons ont été recueillis à la surface du sol aux environs de Manera près du Fiheranana, au pied de la falaise calcaire.
2. *Mem. Geol. Survey India*, t. XXXVII, 1909, p. 381, et *Geol. Magaz.*, t. VII, 1911, p. 515.
3. *Antananarivo Ann.*, t. IV, p. 105.

telées et élégantes appelées *tsingy* par les Sakalava. Ce sont des *tsingy* décapés par l'érosion, mais là où ces calcaires ne se trouvent pas sur des crêtes ou dans des régions très dénudées, on constate que toutes leurs aspérités en voie de dissolution sont comme enlisées dans une argile rouge. Le Bemaraha et notamment le voisinage de Namoroka sont particulièrement favorables pour l'étude de ces phénomènes de dissolution.

Dans la région extrêmement humide de la côte orientale, les calcaires sénoniens ont subi aussi des phénomènes de dissolution intense, mais leur nature gréseuse ne conduit pas à de pittoresques effets ; j'ai indiqué page 70 du tome I (note 1), qu'entre Brickaville et Tamatave, se remarquent des grès peu cohérents, des sables, des argiles rutilantes, situés sur le prolongement des sédiments sénoniens existant plus au Sud. Il est fort possible, comme l'a suggéré M. Perrier de la Bathie, que ce soient là des sédiments du même genre, mais décalcifiés. L'absence de fossiles n'est pas un argument contre cette hypothèse, ceux-ci devant se dissoudre plus vite encore que le sédiment qui les enveloppe.

b. — **Argiles de décalcification et leurs altérations.**

N'ayant que peu visité la région sédimentaire, je suis beaucoup moins bien documenté sur elle que sur le Massif cristallin. C'est à M. Perrier de la Bathie que je suis redevable de la plupart des échantillons que j'ai étudiés. Les échantillons d'argile recueillis sur les calcaires ne proviennent pas tous de la décalcification de ceux-ci, car on y trouve souvent des grains anguleux ou arrondis de quartz, là où ce minéral n'existe pas dans les calcaires sous-jacents ; ils attestent par suite des phénomènes de transport. Je n'ai pas les éléments suffisants pour établir une distinction entre ces deux types d'argiles[1] qui, d'ailleurs, au quartz clastique près, ne présentent pas de différence au point de vue de leurs altérations.

Au contact immédiat avec le calcaire, ces argiles jaunes ou rouges sont souvent cimentées par de la calcite et possèdent une texture poreuse [sur calcaire du Jurassique moyen de Tsingimavo (rive droite du Ranobe, près Antsedoha)]. Il serait très intéressant de faire l'étude chimique de ces argiles ; j'ai seulement examiné un certain nombre de ces concrétions ferrugineuses qui existent fréquemment à leur partie supérieure. Elles ne sont certainement pas de formation très récente, car dans beaucoup de gisements la zone qui les renferme est recouverte par une couche, souvent épaisse, de limon rouge humifère supportant la végétation.

1. Là où, dans la même région, il existe à la fois des basaltes et des calcaires, les produits d'altération des premiers tranchent par leur couleur, d'un rouge très foncé, sur la teinte rougeâtre tirant sur le jaune des argiles de décalcification des seconds.

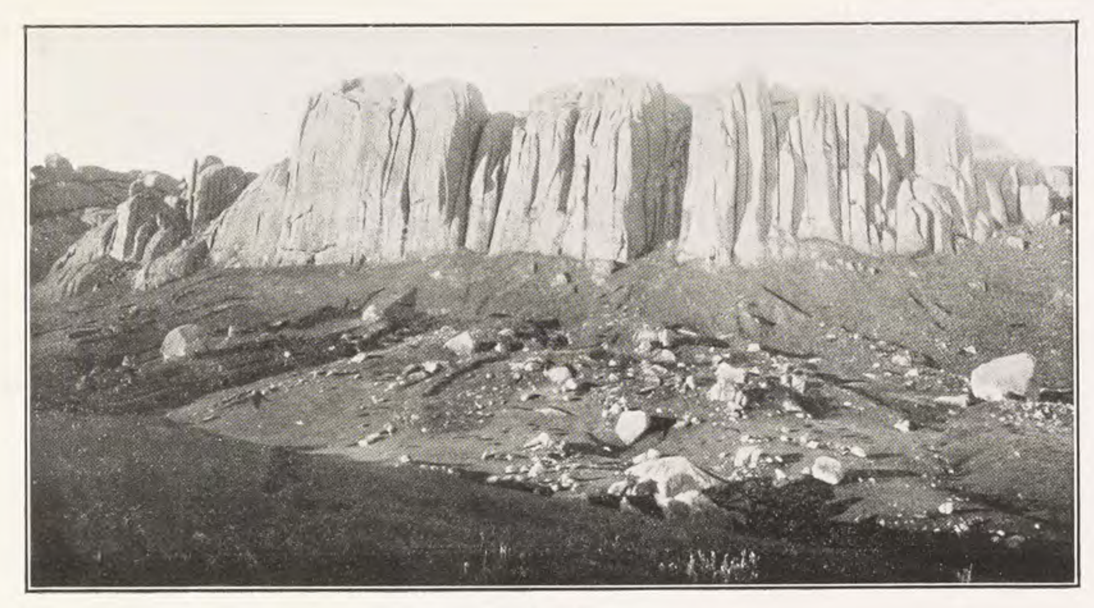
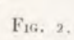


Fig. 1.





Phot. Perrier de la Bathie.

Fig. 2.



Fig. 3.



Fig. 4.

Désagrégation du granite en monolites cannelés (fig. 1 à 4). Mont Andringitra.

Dans les fentes du calcaire jurassique de Namoroka, des concrétions de limonite, à aspect stalactiforme, sont constituées par de la calcite qu'enrobe de la stilpnosidérite. Plus souvent, ces concrétions englobent du quartz (sur Lias entre le Manombo et le Sambao); entre le Ranobe et le Manambao[1]. Ce sont des pisolites réguliers à couches successives de stilpnosidérite ayant parfois, au centre, de la limonite microgrenue; ces pisolites s'agrègent aussi pour former des blocs dans les intervalles desquels j'ai rencontré une argile rougeâtre, présentant les propriétés biréfringentes que j'ai décrites dans les argiles des alluvions récentes du Niger.

Souvent ces pisolites, de la grosseur d'une noix, ont une surface lisse et sont constitués par de la stilpnosidérite, en apparence homogène, disposée en couches concentriques. Ils sont accompagnés de blocs irréguliers, à formes arrondies, résultant de l'accolement d'un très grand nombre de pisolites plus petits, que cimente de la stilpnosidérite compacte et qu'entoure une enveloppe commune zonée du même minéral. Ce cas est réalisé à la surface du calcaire jurassique de Namoroka; on reconnaît dans cette description les particularités qui sont si fréquentes dans les concrétions ferrugineuses des formations sidérolitiques du centre de la France. L'examen chimique de la limonite et de la stilpnosidérite formées dans ces conditions, montre toujours la présence d'une quantité variable de silicate d'alumine et d'hydrate colloïde libre.

Voici, comme exemple, l'analyse des pisolites agglomérés: **451**, de Namoroka, **451** *bis*, *id.* déduction faite du quartz, **452**, d'entre le Manombo et le Sambao (M. Raoult), **452** *bis*, *ibid.* déduction faite du quartz.

	451	**451 bis**	**452**	**452 bis**
SiO^2	3,80	4,04	10,98	12,47
Al^2O^3	5,11	5,43	13,08	14,84
Fe^2O^3	68,72	73,06	46,05	52,24
FeO	1,53	1,63	0,46	0,51
MgO	tr.	tr	0,09	0,11
CaO	0,24	0,25	0,22	0,25
Na^2O	0,20	0,21	0,19	0,21
K^2O	0,09	0,10	0,11	0,12
TiO^2	tr.	tr.	0,59	0,67
P^2O^5	0,27	0,29	tr.	tr.
H^2O +	12,87	13,68	14,42	16,36
—	1,23	1,31	1,96	2,22
Insoluble	5,80	»	12,28	»
	100,26	100,00	100,44	100,00

	$Al^2O^3 . 3H^2O$	$2Fe^2O^3 . 3H^2O$	$2SiO^2Al^2O^3 . 2H^2O + 1Aq$	TiO^2
a.	3	87	10	»
b.	6,5	62	31	0,5

1. Les pisolites agglomérés forment sur les flancs des dépressions une cuirasse de 0m,50 à 1m,50 d'épaisseur recouverte par 0m,60 à 1m,50 de terre rouge supportant la végétation. Dans les éboulis, les pisolites sont libres dans la terre rouge, comme ceux de limonite de notre Sidérolitique.

Parfois (Namota) dans des échantillons possédant la structure des nodules complexes de Namoroka dont il est question plus haut, les intervalles des petits pisolites sont remplis par des paillettes d'hydrargillite.

De ces diverses observations, il est légitime de conclure qu'il se produit, aux dépens des argiles de décalcification, des phénomènes de latéritisation du même ordre que ceux réalisés aux dépens des roches originellement silicatées du Massif cristallin. Je ne puis préciser davantage, faute de documents suffisamment nombreux.

B. — *Zone en dehors de celle de latéritisation.*

Carapace calcaire. — Dans la région méridionale se trouvant en dehors de la zone latéritisée, et qui est soumise à une saison sèche fort longue, les affleurements calcaires sont rarement distincts; en général, ils sont recouverts par une carapace calcaire, continue, qui s'observe aussi sur les roches de nature différente et qui, à leur voisinage, incruste jusqu'aux éboulis et aux alluvions. Cette croûte calcaire atteint parfois plus d'un mètre d'épaisseur et il arrive qu'elle soit exploitée pour la fabrication de la chaux de préférence au calcaire cristallin sous-jacent.

Je connais ce travertin sous deux aspects. Dans le pays Mahafaly, il forme une carapace brunâtre, compacte, parfois d'apparence homogène, dans d'autres cas elle possède une texture concrétionnée très nette. Au Sud d'Ampanihy, à Zahantselo; au Nord du même poste, entre Antsamitsara et Analatelo; puis aux sources de la Satrapotsy, cette carapace calcaire se débite en grandes dalles qui sont quelquefois traversées par des tubes verticaux, pouvant avoir plusieurs centimètres de diamètre; ils représentent sans doute la place de souches ou de racines d'arbres disparues.

Dans d'autres cas, il s'agit d'une roche blanche, poreuse, plus ou moins friable, pouvant renfermer des fragments des minéraux peu ou pas attaquables du sous-sol. Les gisements d'Ambatomainty, au Sud de Betroka, d'Itrongay peuvent être donnés comme exemple. J'ai vu un tuf caverneux provenant de la vallée de l'Imatanaika, affluent du Mangoky, qui renferme des touffes d'asbeste d'un beau blanc. La même roche englobe des rognons de calcaire cristallin intact contenant des fibres de trémolite, d'apparence rigide, dont la désagrégation a fourni les touffes d'asbeste de la couche travertineuse.

Les exploitations de mica de Mahatsinjo, à l'Ouest de Fort-Dauphin, ont fourni, au voisinage des affleurements, des échantillons permettant de suivre le mécanisme de la production de ce tuf calcaire. Il s'agit de très larges lames de phlogopite englobées dans de la calcite blanche, à grands clivages rhomboédriques;

la dissolution de celle-ci débute à son contact avec le silicate dont elle est souvent séparée par une masse caverneuse d'un blanc jaunâtre s'écrasant sous la pression du doigt et renfermant encore des îlots de calcite intacte. Cette calcite néogène s'infiltre entre les lames du mica qu'elle disloque, de telle sorte que la roche tombe en débris, lorsqu'on veut l'extraire ; on la voit aussi à la surface de cristaux de calcite corrodés.

Le mode de formation de cette carapace calcaire peut être facilement interprété. Sous l'influence de la chaleur solaire, dans ces régions à pluie rare, une évaporation intense appelle par capillarité les eaux profondes à la surface où elles laissent déposer leurs éléments solubles; dans le Sud de Madagascar, ils sont essentiellement calcaires [1], mais, dans d'autres pays, et notamment dans ceux qui, à l'Est et au Sud, bordent la Méditerranée, ils sont souvent salifères ou séléniteux.

Cette croûte, pouvant s'observer sur de grandes surfaces indépendantes du relief et parfois même de la nature des roches et du sous-sol, est comparable à celle qui a été étudiée depuis longtemps en Palestine par O. Fraas [2], en Tunisie et en Algérie par Pomel [3], au Maroc par M. L. Gentil [4], en Syrie et en Égypte par Blanckenhorn [5], aux États-Unis par Walter [6], etc. ; elle y recouvre les formations les plus diverses et jusqu'à des alluvions récentes.

1. C'est par ce même mécanisme que se forment, sur les côtes malgaches, la cimentation des sables (p. 83) et aussi les calcaires à *Helix* de l'Extrême-Sud. Dans ce milieu de *précipitation*, sursaturé de carbonate de calcium, les ossements de Vertébrés, le test des Mollusques se conservent parfaitement, contrairement à ce qui se passe dans les régions de latéritisation, où prédominent les phénomènes de *dissolution*.

2. Aus dem Orient ; Geologische Beobachtungen. *Würtemb. naturw. Jahresb.*, 1867, p. 344.

3. Une mission scientifique en Tunisie en 1877. *Bull. Ecole sup. sc. Alger*, 1884, n° 1 et Description stratigraphique génér. de l'Algérie. *Carte géol. de l'Algérie*, Alger, 1889, p. 188.

4. *Exploration du Maroc*. 1906, p. 575.

5. *Zeitschr. d. d. geol. Gesells.* LIII, 1901, p. 479.

6. *Lithogenesis d. Gegenwart*, 1893-94, *Der Gesetz der Wüstenbildung*, 1900.

SIXIÈME DIVISION

ESQUISSE DES CARACTÉRISTIQUES LITHOLOGIQUES DE L'ILE

Dans les chapitres précédents de cet ouvrage, j'ai considéré les roches individuellement, me proposant de fixer leur composition minéralogique et chimique et d'établir ainsi une base aussi solide que possible aux recherches ultérieures, mais un semblable point de vue, purement analytique, n'est pas suffisant, il faudrait y ajouter des vues synthétiques, établir tout d'abord la distribution dans l'espace et dans le temps de chacun des types observés, puis préciser leurs relations mutuelles.

Malheureusement, les conditions dans lesquelles a été recueillie la plus grande partie de l'énorme quantité des documents étudiés et décrits ne permettent pas de réaliser un semblable programme qui implique des recherches *de détail* sur le terrain : celles-ci n'ont été possibles d'une façon générale ni à moi-même ni à mes pourvoyeurs et il est bien vraisemblable que pendant longtemps encore il ne sera pas facile de réunir une documentation suffisante se rapportant à la Colonie tout entière.

Il me sera toutefois permis d'esquisser un premier aperçu résultant de mes observations, mais je tiens à insister sur le caractère provisoire qu'ont peut-être certaines des conclusions qui vont être formulées.

Je considérerai successivement dans deux chapitres distincts le Massif cristallin, dans son ensemble, avec ses roches anciennes, éruptives ou métamorphiques, puis les centres volcaniques dont l'âge post-liasique est certain, sans m'occuper, comme je l'ai fait dans le tome I, de leur situation sur le Massif cristallin ou dans la région sédimentaire.

CHAPITRE PREMIER

MASSIF CRISTALLIN

A de nombreuses reprises, j'ai insisté[1] sur les deux grandes divisions qu'il me semble nécessaire d'établir parmi les schistes cristallins de l'île ; je laisse de côté dans cette discussion une troisième division, consistant dans les schistes carburés de l'Andrarona peu ou pas métamorphisés, qui ne prendra de l'importance que le jour où l'on y aura trouvé des fossiles permettant de la dater.

La première division est d'origine nettement sédimentaire, elle est constituée par des schistes, des quartzites et des calcaires présentant des étapes variées de modifications par métamorphisme général. Au milieu de ces sédiments, se rencontrent des instrusions (massifs ou filons) de roches éruptives variées, granites, diorites, gabbros, etc., souvent parfaitement intacts, mais parfois déformés mécaniquement ou même transformés, à des degrés inégaux, en schistes cristallins ; j'ai pu montrer que dans les types étudiés ces transformations ont été effectuées, *sans changement de composition chimique notable*[2]. Au contact de ces intrusions, les roches sédimentaires présentent fréquemment des modifications dues au métamorphisme de contact.

Dans tout cet ensemble, aucune hypothèse n'est nécessaire pour interpréter les faits observés.

Il n'en est plus de même pour la seconde série que j'ai qualifiée de *gneissique* ; sa composition est très complexe, la caractéristique commune de toutes les roches qui la constituent est d'être rubanées ou localement schisteuses ; la structure granoblastique y prédomine.

J'ai abordé son étude sans idées théoriques préconçues, les conclusions auxquelles elle m'a conduit sont même fort différentes de celles vers lesquelles m'inclinaient mes tendances antérieures. La discussion de mes documents m'a amené à considérer

1. Cf. Tome I, p. 19.
2. Cf. Tome II, p. 439 et suivantes.

l'ensemble de cette série gneissique comme résultant de la transformation, sous l'influence d'un métamorphisme général effectué à une profondeur plus grande que dans le cas de la série précédente, d'un ensemble de roches tout à fait comparables à celles qui constituent cette dernière, c'est-à-dire, d'un complexe de roches éruptives, de sédiments intacts ou métamorphisés par des actions de contact. Dans les différents chapitres de ce livre, j'ai recherché parmi ces gneiss ceux (ortho-gneiss) dont l'origine peut être rapportée à des roches éruptives[1] et celles qui ont été des sédiments ; dans certains cas, la discrimination est aisée, dans d'autres la certitude est moindre, et il en est pour lesquels la question doit être laissée en suspens.

Je ne reviendrai pas ici sur les para-gneiss, d'origine sédimentaire, car ils ont été suffisamment décrits plus haut, je m'occuperai seulement des ortho-gneiss, afin de discuter leurs relations avec les roches éruptives.

Mais avant tout, il me faut rappeler qu'au milieu de ces gneiss, il existe des massifs, des filons de roches éruptives non déformées, à structure et à composition normales ; ce sont des granites, des gabbros, et surtout des variétés de ces derniers, à structure diabasique, qui coupent parfois nettement le rubanement des gneiss.

Il faut donc admettre des intrusions postérieures à la gneissification ; leur âge est indéterminé, mais on peut se demander si certaines d'entre elles ne sont pas contemporaines de la mise en place des roches similaires qui s'observent dans la série sédimentaire métamorphisée, ou même contemporaines des intrusions de la région sédimentaire de l'Ouest. Il n'est pas possible d'aller plus loin et d'établir l'âge absolu de ces intrusions, puisqu'elles n'ont atteint aucun sédiment fossilifère et par suite susceptible d'être daté.

I. COMPARAISON DES CARACTÈRES GÉNÉRAUX DES DEUX SÉRIES ÉRUPTIVES.

Je me suis attaché à caractériser chimiquement et minéralogiquement les roches éruptives intactes et les ortho-gneiss, ainsi qu'à établir un parallélisme entre ces deux catégories lithologiques ; ce parallélisme est frappant, la grande majorité de ces roches constituent une série *calco-alcaline*, granito-gabbroïque. Il existe aussi des roches *alcalines*, mais elles sont beaucoup moins abondantes.

1. Il ne faut pas parler de *gneiss éruptifs*, mais de gneiss formés *aux dépens de roches éruptives*.

A. — *Série calco-alcaline.*

Tandis que, dans l'état actuel de nos connaissances, les roches alcalines sont très localisées, la série calco-alcaline au contraire est distribuée d'une façon uniforme dans toute l'ile ; sauf quelques rares exceptions[1], aucun de ses types, véritablement important, ne présente de localisation étroite.

Peut-être des études plus détaillées, des analyses chimiques plus nombreuses permettront-elles plus tard d'établir quelque nuance entre les gneiss et les types à structure éruptive conservée, mais pour l'instant, d'une façon générale, on peut dire que, dans les grandes lignes, il apparaît une remarquable similitude entre la série gneissifiée et la série éruptive plus récente. La comparaison des analyses données dans les chapitres consacrés aux roches éruptives et dans ceux réservés aux gneiss permet d'appuyer cette conclusion, mais, pour la rendre plus sensible, je donne ci-contre un tableau, dans lequel on trouvera, à la partie supérieure, quelques analyses de types éruptifs et, dans la partie inférieure, celle de types gneissiques qui leur sont comparables. On voit ainsi dans une même colonne verticale les roches qui doivent être comparées les unes aux autres. Dans la liste ci-contre, j'inscris en *italiques* le nom des types gneissiques. Les numéros de ces analyses permettent de les retrouver facilement dans les chapitres descriptifs.

7.	Granite monzonitique, Ramartina. . . .	I.(3)4.1(2).3.
114.	*Gneiss*, Ouest Itorendrika.	I.'4.(1)2.3'.
2.	Granite monzonitique, Ivato.	I'.4.2.3.
115.	*Gneiss*, Brickaville.	I'.4.2.'3.
20.	Granite monzonitique, Nosizato. . . .	II.4.2.3.
117.	*Gneiss*, Ambatomenaloha.	II.4.2(3).3'.
25.	Granodiorite, Itsindra.	(1)II.4'.(2)3.'4.
121.	*Gneiss schisteux*, Anosibe.	'II.4'.2'.'4.
27.	Diorite quartzique, Tanifotsy.	II.4.'3.4.
141.	*Gneiss à albite et épidote*, Foulpointe. .	'II.4.(2)3.4(5).
56.	Diorite quartzique diabasique, Imody. .	II(III).4(5).3.3(4).
138.	*Gneiss amphibolique*, Sud Antoby.. . .	II.3.4.3(4).
63.	Microdiorite, Betafo.	III.5.3.4[2.2'.'2.3].
139.	*Gneiss*, Tompobohitra.	
71.	Gabbro diabasique, Andranomadio. . .	III.4(5).3(4).4[2.1.2.3].
144.	*Pyroxénite feldspathique*, près Anony. .	III.5.(3)4.4.

1. La manjakite (Tome II, p. 543), d'origine incertaine, n'est connue, jusqu'ici, que dans deux gisements peu éloignés l'un de l'autre.

	7	11	20	25	27	56	63	71
SiO^2.	72,84	67,24	56,86	63,28	61,28	51,58	47,18	49,24
Al^2O^3.	13,94	15,58	12,12	17,29	13,28	13,67	14,27	11,75
Fe^2O^3.	1,94	1,40	6,48	1,86	5,15	3,67	4,36	3,66
FeO.	1,02	2,73	4,56	2,37	4,11	7,84	9,41	10,39
MgO.	0,33	1,04	2,88	1,14	2,64	4,34	6,74	5,18
CaO.	1,02	2,33	6,76	4,90	6,58	7,46	8,72	10,18
Na^2O.	3,27	3,37	2,94	4,34	3,59	2,67	3,24	2,17
K^2O.	4,99	5,20	3,57	3,42	1,66	2,58	1,43	0,90
TiO^2.	0,23	0,70	2,41	0,54	0,98	4,36	2,82	4,99
P^2O^5.	0,19	0,21	0,89	0,08	0,61	1,15	0,86	0,26
$H^2O +$. . . .	0,45	0,36	0,38	0,65	»	0,56	0,91	1,17
—	0,06	0,13	0,06	0,30	0,24	0,16	0,14	0,29
	100,26	100,29	27,71	100,17	100,12	100,04	100,08	100,18

	114	115	117	121	141	138	139	144
SiO^2.	74,32	70,42	57,48	64,08	64,30	52,66	45,92	47,57
Al^2O^3.	13,23	14,00	13,48	15,62	13,99	15,54	14,04	13,07
Fe^2O^3.	1,97	0,65	4,93	1,87	4,15	4,73	5,33	5,58
FeO.	0,42	1,83	5,32	3,72	3,21	5,52	11,04	8,48
MgO.	0,36	0,11	2,88	1,94	2,01	5,06	4,93	8,00
CaO.	1,48	3,12	5,84	4,40	4,70	7,88	7,60	11,88
Na^2O.	3,88	2,74	3,01	4,27	4,47	4,19	3,56	2,51
K^2O.	4,35	5,74	3,31	3,15	1,11	2,14	2,87	0,63
TiO^2.	»	1,06	2,82	0,42	1,03	1,19	3,61	1,58
P^2O^5.	0,04	0,08	0,84	0,18	0,55	0,61	0,85	0,49
$H^2O +$. . . .	0,27	0,14	0,34	0,42	0,19	0,62	0,48	0,15
—	»	0,24	0,04	0,14	0,14	0,10	0,05	0,09
	100,22	100,23	100,27	100,21	99,85	100,32	100,28	100,01

a. — **Granites et pegmatites.**

Quelques remarques cependant sont à faire.

Le type granitique le plus fréquent est monzonitique, avec passage aux granodiorites ; c'est sur la périphérie de ses massifs ou dans ses massifs eux-mêmes que se trouvent les innombrables filons de pegmatites potassiques à béryl, à minéraux radioactifs et aussi les pegmates sodo-lithiques. Les granites plus anciens de même composition qui ont été transformés en gneiss ont très certainement été accompagnés, eux aussi, par des dykes de pegmatite ; c'est à la transformation de certains d'entre eux que j'ai attribué ces curieuses roches grenatifères, à gros grain, interstratifiées dans des leptynites de l'Extrême-Sud. Mais j'ai vainement cherché dans la série gneissique des minéraux de glucinium, de terres rares, des minéraux lithiques, etc., si abondants dans les filons de pegmatites ; il eût été, en effet, du plus haut intérêt de savoir sous quelle forme minéralogique se présenteraient tous ces éléments caractéristiques des pegmatites malgaches si les roches qui les

renferment étaient soumises à une recristallisation gneissique. On peut supposer que ces éléments rares constitueraient des combinaisons différentes s'ils cristallisaient dans des conditions autres que celles qui ont présidé à la production des filons originaux. Si ce résultat négatif de mes recherches se confirme, il faudra en conclure qu'il existait une différence essentielle, au point de vue de ces éléments tout au moins, dans les propriétés chimiques du magma ayant fourni ces granites (pegmatites) anciens, quand on les compare aux granites plus récents.

Il est fort possible que le grenat des ortho-gneiss résulte de la transformation des métasilicates de la roche originelle avec production de quartz et de plagioclase comme sous-produit ; à ce point de vue, il serait intéressant d'étudier les pays Mahafaly et Antandroy, dans lesquels les roches grenatifères sont extrêmement abondantes, à la fois dans la série ortho et dans la série para-gneissique.

b. — Diorites et gabbros.

Aux granites sont associées des roches à plagioclases ; elles sont quartziques, quartzifères ou dépourvues de quartz ; elles appartiennent à la famille des gabbros et moins fréquemment à celle des diorites ; c'est leur transformation qui a donné naissance aux nombreux types de pyroxénites et d'amphibolites feldspathiques, grenatifères ou non, décrites dans cet ouvrage. Je ne reviendrai pas sur la discussion des relations de ces deux séries de types lithologiques, discussion à laquelle a été consacré un chapitre[1] du tome II auquel je renvoie. Par contre, j'insisterai sur une caractéristique chimique presque constante de toutes ces roches, elles sont riches en magnésie et souvent en fer. Dans le calcul de la composition virtuelle, le rapport de la somme des métasilicates de fer et de magnésie au métasilicate de chaux, est généralement plus grand que 1 et souvent beaucoup plus grand ; comme conséquence minéralogique, il en résulte la fréquence dans les formes éruptives, des pyroxènes rhombiques[2], associés aux pyroxènes monocliniques et, lorsque la teneur en silice le permet, apparaît du péridot.

Ces gabbros présentent un certain nombre de particularités intéressantes que je voudrais rappeler brièvement.

1. Cf. page 445.
2. M. J.-W. Evans considère l'abondance de l'hypersthène dans les roches apparentées à la charnockite, comme due à l'influence d'un excès d'alumine consécutif à une absorption de sédiments alumineux (*Proc. Geol. Soc. London*. 1921, p. 46). Pour qu'un pyroxène orthorhombique puisse prendre naissance dans un magma fondu, renfermant de la magnésie et du fer, il faut que la condition indiquée plus haut soit remplie, un excès d'alumine sur la quantité feldspathisable est évidemment une circonstance favorable à la production d'hypersthène, car dans ce cas, il ne peut se produire de pyroxène renfermant de la chaux, mais cet excès d'alumine n'est pas une condition nécessaire, et il n'est réalisé dans aucune des roches malgaches.

Il est des massifs dans lesquels des phénomènes de différenciation sont extrêmement nets.

Je connais deux exemples de différenciation dans la direction leucocrate, ils conduisent à des roches presque exclusivement feldspathiques, à des labradoritites dérivant de norites dans la vallée de la Volovolo et de gabbros dans celle de la Telomita. Je n'ai malheureusement pas eu à ma disposition une série suffisamment complète de ces roches pour avoir pu en faire analyser tous les termes.

Plus fréquents sont les cas de différenciation basique. Le plus complet que j'ai pu étudier est celui d'un massif rencontré dans la vallée de l'Itsindra et dans les régions voisines du sud de la Mania. Le type moyen est un gabbro hypersthénique, mésocrate, avec ou sans olivine[1]. Il existe aussi des types dépourvus de péridot contenant du mica et du quartz ; ils paraissent se rencontrer principalement à la périphérie du massif. Mais il faut surtout citer les différenciations dépourvues de feldspaths réalisant des termes surtout calciques (pyroxénolites) ou des types surtout magnésiens (wehrlites) ou enfin d'autres, très ferrifères (anabohitsite). Dans le voisinage de cette région, mais au Nord de la Mania, sur la rive gauche de l'Isakely, se trouve un massif de gabbro présentant des phénomènes analogues.

Un autre exemple est celui d'Anabohitsy, dans le pays Mahafaly. C'est là que se trouve le gisement originel de l'anabohitsite, riche en fer et titane, associée à une troctolite dans des conditions qui restent à préciser.

Dans l'anabohitsite, malgré la richesse en fer et en titane, les silicates prédominent sur les minerais ; il est des cas où l'inverse se produit et où même il n'existe plus que des minerais. Tel est celui des blocs de magnétite qui abondent dans les affleurements de l'Itsindra et surtout de ceux de la région de la Vangoa, où leur abondance est telle qu'ils constituent un véritable minerai. On a vu à la page 76 du tome II la description de celui-ci qui résulte de l'association, à grands éléments, de crichtonite homogène et de groupements perthitiques de crichtonite et de magnétite. Ces minerais très titanifères, ne peuvent pas être confondus avec ceux que l'on rencontre dans les régions de gneiss acides et qui, au lieu de renfermer des inclusions de métasilicates (pyroxène ou amphibole résultant de leur ouralitisation), englobent de très nombreux cristaux de zircon et parfois de quartz.

Il reste à déterminer les lois régissant la formation de semblables différenciations ; se produisent-elles irrégulièrement dans les massifs, se rencontrent-elles à leur périphérie ou bien à leur centre ? Je n'ai pas de précisions à fournir à cet égard.

1. Cf. Tome II, p. 409.

Voici quelques analyses des gabbros et des roches connexes de l'Itsindra : j'y joins celle de la granodiorite qui les accompagne[1].

25. Granodiorite. . . . . I(II) . 4' . (2)'3 . '4.
54. *Diorite quartzifère.* . . . . . . II . 4(5) . '3 . 4.
80. *Gabbro à olivine.* . . . . III . 5 . 3(4) . 5[2 . '2 . (2)3 . '3].
96. *Pyroxénolite.* . . . . IV . [5 . 5 . 5](1)(2) . 2 . 3 . 2.
94. *Anabohitsite.* . . . . IV[(5)6 . 3(4) . 4(5)](2)3 . '4 . 1(2) . 3.
98. *Wehrlite.* . . . . IV[5 . (3)4 . 4]1 . (3)(4) . (1)2 . (1)2.

Je n'ai que les deux analyses suivantes des roches d'Anabohitsy :

82. *Troctolite.* . . . . 'III . 5 . 3(4) . 4'[2 . (4)5 . 2 . 3].
94. *Anabohitsite.* . . . . IV[5 . 4' . 2]'3 . 2 . 1 . 3.

	25	54	80	96	94	98	82	94
SiO^2.	63,28	55,34	48,36	44,24	31,02	42,70	44,55	35,80
Al^2O^3.	17,29	16,11	14,83	8,37	5,78	6,70	16,25	7,10
Fe^2O^3.	1,86	6,67	4,36	4,64	11,00	2,15	1,90	7,72
FeO.	2,37	4,54	6,94	5,14	23,27	7,60	14,40	20,78
MgO.	1,14	1,94	5,56	9,72	11,48	26,70	9,43	12,12
CaO.	4,90	6,40	13,42	26,00	6,72	9,51	6,29	4,60
Na^2O.	4,34	3,81	3,31	0,23	1,21	1,23	3,29	0,16
K^2O.	3,42	2,91	0,28	tr.	0,29	0,53	1,04	0,81
TiO^2.	0,54	1,59	2,42	1,63	6,85	1,02	3,45	10,00
P^2O^5.	0,08	0,31	0,13	0,04	0,59	»	0,06	0,19
H^2O+. . . .	0,65	0,34	0,73	0,14	1,72	2,70	0,12	0,53
—. . . .	0,30	0,22	»	»	0,28			0,22
	100,17	100,18	100,34	100,15	100,21	100,84	100,78	100,03

Une autre modalité de roches gabbroïques à hypersthène est réalisée dans la région de Betafo, notamment dans le bassin de l'Andrantsay ; ces roches peuvent, sans doute, être rattachées, d'une part, au massif de l'Itsindra qui se trouve plus au Sud au delà de la Mania et d'une autre à toute une série de massifs qui apparaissent plus au Nord jusque sous les laves de l'Ankaratra et aussi au Nord-Ouest jusqu'au delà de Soavinandriana.

Si l'on se limite à la région de Betafo, l'on constate que ces roches gabbroïques forment surtout des dykes, soit dans les gneiss, soit dans la série supérieure quartziteuse et micaschisteuse. Certains types sont absolument intacts ; il en est d'autres, comme celui de Tongafeno, qui présentent des étapes variées de transformation en amphibolites.

Les roches que j'ai étudiées sont des gabbros francs, généralement dépourvus de quartz, renfermant de l'hypersthène ou de l'olivine et souvent les deux ; ils présen-

1. Voir p. 167 pour les filons des roches alcalines qui traversent ce massif de gabbro.

tent aussi des variétés diabasiques. Enfin, il faut citer des microdiorites, des microgabbros et des types très mélanocrates aboutissant à des webstérites.

La composition des principaux types de ces roches est représentée par les analyses du tableau suivant, dans lequel j'ai fait figurer, en outre, la seule roche lamprophyrique, une *spessartite*, que je connaisse dans cette région et une aplite microgranitique dont les filons minces traversent les gabbros.

63.	*Microdiorite amphibolique micacée.* Betafo.	III . 5 . 3 . 4[2 . 2′ . ′2 . 3].
76.	*Gabbro diabasique.* Andohavary. .	III . 5 . 4 . (4)5[(1)(2) . 1 . 2 . 3].
79.	*Gabbro à olivine et hypersthène.* Lac Anosy..	II . ′5 . 4 . (4)5[(1)2 . 1(2) . 2 . 2].
87.	*Norite mélanocrate.* Ambohimasina.	IV . [′5 . 3 . ′4]1′ . 1 . ′2 . 2.
88.	— Près l'Ingalana.	III(IV)[(4)(5) . 3 . 4](1)(2) . 1 . 2 . 2′.
89.	*Gabbro hypersthénique mélanocrate.* Tongafeno..	IV[5 . 5 . 4]1′ . 1 . 2 . 2.
81.	*Microgabbro.* Près Ambohimasina.	III . 5′ . ′4 . 4[2 . 2(3) . 2 . (2)3].
102.	*Webstérite.* Tsahatsaha.. . . .	IV(V)1 . 1 . 2 . 1′.
101bis.	*Spessartite.* Sur l'Andrantsay. .	II . 4(5) . 3 . 4.
23bis.	*Microgranite* (aplite) — . .	I . 4 . 1 . 3.

	63	76	79	87	88	89	81	102	101bis	23bis
SiO^2.. . .	47,18	50,26	48,94	53,48	53,88	48,93	46,94	53,50	54,42	70,88
Al^2O^3. . .	14,27	14,47	21,31	6,47	8,44	8,79	17,36	3,42	17,29	14,44
Fe^2O^3. . .	4,36	2,67	2,38	2,74	2,58	3,35	2,87	3,05	4,97	2,19
FeO. . . .	9,41	10,20	3,81	8,76	8,76	7,33	7,72	3,80	3,91	1,01
MgO.. . .	6,74	6,91	6,65	16,23	10,47	16,12	6,96	24,10	2,69	0,14
CaO . . .	8,72	11,30	13,22	6,97	10,58	13,46	11,74	11,60	6,94	0,92
Na^2O. . .	3,24	1,91	2,24	1,50	1,91	0,48	2,75	0,29	3,86	4,35
K^2O.. . .	1,43	0,43	0,42	0,97	0,88	0,20	1,35	0,20	1,98	5,18
TiO^2.. . .	2,82	1,07	0,36	1,20	2,11	0,59	1,57	0,03	2,08	0,42
P^2O^5.. . .	0,86	0,41	0,06	0,58	0,07	0,11	0,11	»	0,64	0,19
H^2O +.. .	0,91	0,14	0,43	0,79	0,38	0,79	0,50	} 0,43	1,32	0,35
—.. .	0,14	0,22	0,13	0,09	0,08	0,14	0,12		0,13	0,21
	100,08	99,99	100,01	99,78	100,14	100,29	99,99	100,42	100,23	100,26

Une autre région intéressante au même point de vue est constituée par le pourtour du lac Alaotra. Les variations magmatiques y sont plus étendues, puisqu'elles comprennent des granites, des diorites et des gabbros quartziques, des gabbros ou norites dépourvus de quartz, des troctolites, puis des types très mélanocrates des mêmes roches et enfin des diallagites qui peuvent être dépourvues d'éléments blancs. Ces dernières roches sont traversées par des veinules de pegmatite granitique à grandes lames de biotite.

Le pyroxène rhombique est plus ou moins abondant, mais il ne manque dans aucun de ces types. C'est là une série pétrographique qu'au point de vue chimique et au point de vue minéralogique, il est légitime de comparer à celle de la charnockite de l'Inde (Cf. p. 164).

Parmi ces roches, il en est qui présentent un facies éruptif parfaitement net ; d'autres, au contraire, sont en voie de modification en schistes cristallins, telle la diallagite du mont Ankitsika localement transformée en amphibolite[1], alors que d'autres sont transformées en gneiss granoblastiques à hypersthène et augite qui ne présentent avec la roche dont elles proviennent aucune différence minéralogique.

Parmi les nombreux échantillons que j'ai étudiés, je n'ai trouvé aucun type grenatifère comparable à ceux qui sont si fréquents dans la série de la charnockite de l'Inde et que l'on retrouve d'ailleurs dans d'autres parties de Madagascar.

Les roches dont il est question ici forment des massifs dans lesquels s'observent quelquefois des différenciations sur place, mais un très grand nombre des types étudiés proviennent de gisements distincts et paraissent constituer des filons interstratifiés dans la série gneissique.

Voici, groupées, les analyses des roches qui caractérisent cette série du lac Alaotra.

10.	*Granite*. Sud-Est Ambohibolona. . .	I(II) . '4 . '3 . 3.
28.	*Diorite quartzique*. Vohitsara. . . .	'III . 4 . 3 . 4.
31.	*Gabbro quartzique*. Andreba. . . .	II . 4 . '4 . (4)5.
86.	*Micronorite*. Ambodimanga. . . .	III 5 . (3)4 . (3)4[1' . 4 . (1)2 . '2].
143.	*Gneiss à pyroxènes*. Vodivato. . . .	III . '5 . 4 . '4[ ].
44.	— Près Anony. . .	III . 5 . (3)4 . 4( ].
84.	*Troctolite*. Ambarivondrona. . . .	III(IV)[5 . 3 . 4](1)2 . 4 . 1(2) . 2.
90.	*Gabbro mélanocrate*. Ambodimanga. .	IV[5 . (3)4 . 4]1(2) . 2 . 2 '2.
91.	— Amboavory. . .	'IV[4(5) . (3)(4) . (4)5]2 . 1 . 2 . 2.
93.	*Diallagite*. Mont Ankitsika. . . .	IV[6 . (4)5 . (4)5]1 . (1)2 . 2 . 2.

	10	28	31	86	143	144	84	90	91	93
SiO^2. . .	68,86	57,82	55,44	47,50	48,34	47,57	44,46	47,22	49,22	48,40
Al^2O^3. . .	14,09	10,84	16,98	13,30	13,06	13,07	9,77	7,08	8,14	8,66
Fe^2O^3. . .	2,12	5,92	4,05	1,61	7,14	5,58	2,44	4,78	8,94	0,95
FeO. . .	2,33	4,81	5,52	7,85	7,71	8,48	11,05	7,61	5,58	10,12
MgO. . .	2,06	7,08	3,61	15,60	10,08	8,00	16,81	18,61	13,51	14,59
CaO. . .	3,26	8,46	8,68	9,71	9,42	11,88	7,92	11,74	10,46	14,69
Na^2O. . .	2,75	2,65	2,93	2,02	1,84	2,51	2,08	1,19	1,74	0,54
K^2O. . .	3,53	1,32	0,58	1,80	0,25	0,63	1,42	0,37	0,31	0,14
TiO^2. . .	0,38	0,61	1,59	1,07	1,03	1,58	2,71	1,01	1,97	1,60
P^2O^5. . .	0,04	0,37	0,11	»	0,18	0,49	0,64	0,18	0,06	0,07
H^2O+. . .	0,49	0,19	0,67	0,28	1,19	0,15	0,61	0,36	0,14	0,31
—. . .	0,05	0,09	0,13	»	0,15	0,09	»	0,46	0,24	0,13
	99,96	100,16	100,29	100,74	100,39	100,03	99,91	100,61	100,31	100,20

1. Cf. Tome II, p. 452. Une roche analogue, un peu feldspathique, se trouve au Nord du lac près de Vohitraivo, et une autre, riche en hypersthene, à la base occidentale du Mont Vohimasina, près d'Andreba. M. Perrier de la Bathie vient de m'envoyer ces roches, ainsi qu'un gabbro à labrador violacé recueilli entre Anony et Andilamena.

α. — **Série de la charnockite et facies malgachitique.** — M. T.-S. Holland a proposé[1] d'appeler *charnockite* un granite à microcline et à hypersthène, très riche en quartz, de la région de Madras et *série de la charnockite* une série de roches à hypersthène et augite jouant un grand rôle dans la constitution géologique de l'Inde méridionale et de Ceylan, série s'étendant depuis ce granite jusqu'à des pyroxénolites dépourvues de feldspath, par l'intermédiaire de norites, quartzifères ou non ; les plagioclases qui ne manquent jamais sont très fréquemment dépourvus de macles ; l'ilménite ou une magnétite titanifère sont constantes. La structure de tout cet ensemble a été décrite comme granulitique.

Les minéraux colorés (hypersthène dominant surtout dans les types acides, augite et hornblende subordonnée) sont souvent orientés et, aux roches normales, d'apparence éruptive, en sont associées d'autres, à facies gneissique, qui sont schisteuses ou rubanées et souvent très riches en grenat.

S'appuyant sur l'absence de déformations structurales par cataclase, M. Holland a regardé cette texture rubanée comme produite par cristallisation primaire, au moment de la consolidation des roches qui la présentent.

M. F.-L. Stillwell[2] a décrit plus récemment des roches analogues provenant de la Terre Adélie et recueillies au cours de l'expédition antarctique de Sir Douglas Mawson ; il a proposé de considérer les unes et les autres, celles de l'Inde et celles des Terres australes, comme des roches éruptives recristallisées par métamorphisme général profond, suivant un mode analogue à celui qui a été exposé dans ce livre pour les ortho-gneiss malgaches. Cette solution me paraît tout à fait rationnelle et conforme, par analogie, aux observations que j'ai faites à Madagascar sur des roches similaires. Je ferai remarquer d'ailleurs qu'avant que M. Holland ait établi sa série de la charnockite, j'ai décrit[3], sous le nom de leptynite et de gneiss granulitique, quelques-unes des roches qui la constituent et notamment les types très acides provenant de Ceylan ; en l'absence de tout document géologique, me basant seulement sur leur étude dans le laboratoire, j'avais été conduit à les considérer comme appartenant à la série gneissique.

En définissant sa série de la charnockite, M. Holland a exprimé le désir de voir conserver à cette expression une signification de géologie régionale, à l'exclusion de toute extension à des roches d'autres pays. Ce souhait n'a pas été réalisé, de nombreux auteurs ont employé le mot de charnockite pour désigner des roches éruptives à hypersthène de régions variées, en ne considérant d'ailleurs la question

1. The Charnockite series. *Mem. Geol. Surv. India*, XXVIII, part. 2, 1900, p. 231.
2. The metamorphic rocks of Adelie Land. *Austral. Antarct. Exped. 1911-1914. Scient. Rep.*, T III, Part. I; Sect. 1, 1918, p. 193.
3. *Bull. Soc. franç. Minér.*, XII, 1889, p. 295.

qu'aux points de vue minéralogique ou chimique ; je ne puis guère les critiquer, ayant décrit moi-même une série de la charnockite provenant de la Côte d'Ivoire ; j'y reviendrai plus loin. Il me semble opportun aujourd'hui de ne pas continuer ces errements et de restreindre la dénomination de « série de la charnockite » aux roches de l'Inde, interprétées comme il a été dit plus haut.

Tout géologue qui parcourt Madagascar est frappé de rencontrer, dans toutes les parties du Massif cristallin constituées par la série véritablement gneissique, des roches présentant un facies extérieur très spécial. Lorsqu'elles sont pauvres en minéraux colorés, comme la charnockite (str. sens.), elles sont d'un jaune de cassonade et possèdent une cassure esquilleuse, brillante, avec un éclat un peu gras ; quand au contraire les éléments ferromagnésiens abondent, elles sont d'un noir brunâtre. L'examen microscopique montre que cette similitude de caractères extérieurs cache une grande diversité de composition minéralogique. J'ai appelé cet aspect spécial *facies malgachitique ;* il est rarement réalisé par des granites monzonitiques ; il se rencontre le plus souvent dans des granodiorites, des diorites et des gabbros, quartziques ou non. Le feldspath alcalin n'est que très exceptionnellement formé par du microcline ; il est d'ordinaire constitué par de l'orthose ou une microperthite fusiforme d'orthose et de plagioclase non maclé. Quand il existe du quartz, celui-ci contient généralement de très-petites inclusions lamelleuses. La biotite est presque constante, associée à un métasilicate qui est généralement un pyroxène (hypersthène ou diopside-augite et parfois les deux), souvent accompagné ou suppléé par une hornblende verte.

La composition chimique est celle de roches éruptives, et comme il n'existe généralement pas d'orientation des éléments, j'ai décrit ces roches avec les types éruptifs, en qualifiant leur structure de granulitique, mais j'ai fait remarquer qu'il serait peut-être plus exact de dire granoblastique en considérant ces roches comme des ortho-gneiss d'un type spécial. Cette hypothèse permettrait d'expliquer par l'analogie des conditions de recristallisation, à un niveau profond, l'uniformité de facies et de structure que présentent des roches de composition minéralogique aussi différentes. Si cette hypothèse est exacte, il faut leur rattacher les types de pyroxénites feldspathiques, à structure régulièrement granoblastique, si fréquents dans l'île. Il est à noter qu'à l'inverse de ce qui a lieu pour les ortho-gneiss à facies normal, on ne rencontre que très rarement dans ces roches la structure cataclastique et pas de structure résiduelle ; il n'existe pas de passages à des roches antérieures, sauf dans le cas de certains des gneiss à pyroxènes[1].

1. Cf. tome II, p. 510. Ces gneiss à pyroxène sont souvent grenatifères, comme certains de ceux de la série de la charnockite : les types grenatifères, à l'inverse des autres termes à facies malgachitique, présentent

En résumé, on voit qu'il existe une grande ressemblance entre mes roches à *facies malgachitique* et la *série de la charnockite de l'Inde*, ressemblance résultant de l'identité des conditions supposées de leur recristallisation et de l'analogie de composition minéralogique et chimique des roches éruptives originelles, puisque dans les deux cas, ainsi que je vais le montrer plus loin, l'ensemble de ces roches est riche en magnésie et en fer, avec pour le rapport de ces oxydes à la chaux non feldspathisable une valeur telle que la formation des pyroxènes rhombiques est possible et fréquemment réalisée.

Au point de vue minéralogique, quelques différences doivent toutefois être relevées : fréquence de la biotite et de l'augite, orthose comme feldspath alcalin dominant, absence de grenat, sauf dans certains des gneiss à pyroxène granoblastique, si on les comprend dans cet ensemble, pour les types à facies malgachitique : absence ou rareté de la biotite, constance du microcline, comme feldspath alcalin, grande abondance du grenat dans la série de la charnockite.

Il me semble utile de souligner ces ressemblances, mais de ne pas identifier la nomenclature des roches indiennes et des roches malgaches ; d'autre part, je ne veux pas parler d'une série malgachitique, parce qu'à Madagascar il ne s'agit que d'un facies spécial que ne présentent pas toutes les roches d'une composition donnée.

β. — **Composition chimique de roches magnésiennes de diverses régions à comparer à celles de Madagascar.** — Laissant de côté cette question de relation entre roches éruptives et roches gneissiques, je terminerai par quelques remarques au sujet de la composition des roches à hypersthène éruptives comparables à celles de Madagascar. Rosenbusch[1] a admis l'existence d'une série qu'il appelle celle de l'*anorthosite-charnockite*. M. H. Washington a discuté[2] la composition de beaucoup de roches analogues et, plus récemment, M. F. Dixey est revenu[3] sur cette question, en cherchant à légitimer l'existence de ce qu'il appelle le groupe magnésien des roches ignées, il a donné dans sa note une copieuse bibliographie du sujet, sur laquelle je ne reviendrai pas.

Je me contenterai de donner ci-contre une série d'analyses de roches de trois des régions que j'ai plus particulièrement étudiées et dans lesquelles on trouvera des types qu'il est intéressant de comparer à ceux de Madagascar.

des passages à des gabbros où l'on voit des traces de la structure originelle. Ce fait montre que la production métamorphique du grenat n'est pas nécessairement une preuve de cristallisation à grande profondeur, comme le veulent quelques lithologistes et en particulier mon ami L.-L. Fermor (*Record. Geol. Survey India*, T. XLIII, 1913, p. 41).

1. *Elemente der Gesteinlehre*, 1910, p. 187.
2. The Charnockite Series of Igneous Rocks. *Americ. Journ. of Science*, 1916, p. 323.
3. The magnesian Group of Igneous Rocks. *Geol. Magaz.*, LVIII, 1921, p. 485.

Inde. Je commence tout d'abord par les analyses des roches de la série de la charnockite de l'Inde, dues à M. H. Washington (*a* à *d*), et je la complète par trois autres (A à C) que j'ai fait faire par M. Raoult, à l'aide d'échantillons de la collection Leschenault de Latour que j'ai décrite jadis[1].

a. *Granite (charnockite, str. sens.)*. St-Thomas' Mount (Madras).	I.3'.'2.3.
b. *Norite quartzique*. Yercaud (Shevaroy Hills, Madras).	II.4.3.4'.
c. *Norite amphibolique*. St-Thomas Mount (Madras).	III.5.3.4'.
d. *Bahiaite*[2]. Pammal Hill, Pallavaram (S. Madras).	IV'.1'.'2.1.2.
A. *Webstérite*. Salem.	IV'.(1)2.1.2.1(2).
B. *Ariégite*. Environs de Salem. . . .	III(IV).5.5.4[1'.2(3).2.(1)2].
C. *Ortho-amphibolite grenatifère*, Perundùré (45 milles Sud-Ouest Salem).	III(IV).5.4(5).4[2.1.2'.2].

	a	*b*	*c*	*d*	A	B	C
SiO^2	77,47	63,85	50,04	47,44	49,52	45,82	43,32
Al^2O^3	11,00	14,87	11,65	5,36	4,91	12,62	12,77
Fe^2O^3	1,04	2,32	15,76	3,13	7,06	3,72	11,01
FeO	2,02	5,07	2,63	12,42	6,86	4,82	5,65
MgO	0,43	3,29	5,58	19,96	17,42	15,78	10,31
CaO	1,02	4,48	7,89	7,60	12,58	16,78	14,86
Na^2O	2,86	3,72	3,08	0,48	0,69	0,30	0,76
K^2O	4,14	1,09	0,89	0,10	0,19	0,18	0,44
TiO^2	0,26	0,83	1,93	1,29	0,42	tr.	0,59
P^2O^5	»	0,08	0,20	0,27	0,05	0,14	0,06
H^2O +	0,20	0,11	0,19	0,08	0,04	0,16	0,26
—	0,05	0,15	»	»	0,26	0,07	0,15
	100,59	99,95[3]	99,64	100,69[4]	100,03	100,29	100,22

Côte d'Ivoire. La série de l'Inde peut être comparée à une autre, moins étendue, que j'ai signalée autrefois[5] à la Côte d'Ivoire, à la frontière de la Guinée et du Liberia, dans le massif du mont Nimba, notamment aux environs de Nzô. Elle comprend des granites micacés à biotite et hypersthène très leucocrates (mont Gbon), des granites à hypersthène dépourvus de biotite (Pied du mont Zan, près Zagoué), des norites à augite (mont Momy) et enfin des norites très mélanocrates passant à des hypersthénites (Zoanlé). L'orthose et même les plagioclases renferment des inclusions microperthitiques fusiformes ; la myrmékite est fréquente.

1. *Op. cit.* 1889.
2. La *bahiaite* de M. H. Washington est une roche grenue formée d'hypersthène et de hornblende.
3. Y compris S 0,15 ; MnO 0,05.
4. Y compris S 0,34 ; MnO 0,15 ; Cr^2O^3 0,07.
5. *C. Rendus*, CL, 1910, p. 18.

J'ai décrit la structure de ces roches comme granulitique. Il s'agit en réalité de roches éruptives granulées par actions dynamiques sans recristallisation. Comme à Madagascar, cette série est dépourvue de types grenatifères. De même que dans les types feldspathiques de l'Inde, la somme des oxydes de fer est plus grande que la teneur en magnésie. Les analyses ont été faites par M. Pisani (*a* à *d*) et par M. Raoult (A).

a. *Granite*, Mont Gbon. . . . . I . 4 . 2 . (3)4.
b. — Mont Zan. . . . . 'II . 4 . 3 . 4.
c. *Norite*, Mont Momy. . . . . III . '5 . 3 . (4)(5).
d. — mélanocrate, Zoanlé. . . . . III . 5 . 3 . (4)5.
A. *Hypersthénite* feldspathique. Zoanlé. . . . . III . 5 . 3 . 4' [2 . 1 . 2 . 2].

	a	*b*	*c*	*d*	A
SiO^2	71,80	59,50	53,50	54,33	51,66
Al^2O^3	14,90	18,71	15,20	11,43	12,98
Fe^2O^3	1,10	2,32	5,40	7,47	3,33
FeO	1,08	3,96	6,93	6,10	6,92
MgO	0,39	3,49	4,95	11,70	8,16
CaO	2,20	5,10	5,60	4,25	10,96
Na^2O	4,17	3,82	4,35	3,52	3,12
K^2O	4,11	1,18	0,95	0,59	0,88
TiO^2	0,26	1,60	2,25	0,60	1,22
P^2O^5	»	0,07	0,09	0,13	0,19
H^2O + }	0,60	0,60	0,50	0,06	0,53
— }					0,12
	100,61	100,43	99,72	100,18	100,07

Guinée. J'ai décrit, il y a quelques années [1], de très remarquables roches magnésiennes, provenant de la Guinée et se retrouvant dans le Haut-Sénégal-Niger et aussi à la Côte d'Ivoire. Elles s'observent sur une surface qui s'étend du 3° au 15°30' de longitude Ouest et du 8°30' au 14° de latitude Nord, sous forme de massifs intrusifs, de dykes et surtout de sills, au contact desquels, plus récemment, M. Henri Hubert a observé d'intéressants phénomènes de contact [2].

Cette série lithologique, très continue, comprend des gabbros (à structure franchement grenue, avec de nombreuses variétés structurales, diabasiques, et même quelques formes microlitiques) : ces roches sont souvent très mélanocrates, et elles sont associées à de véritables péridotites. Leur caractéristique minéralogique réside dans leur richesse en pyroxènes et parfois aussi en olivine. Les pyroxènes sont un type d'augite magnésienne, à petit angle 2V, généralement associé à de l'hypersthène constituant des cristaux indépendants, ou bien entrant dans de curieuses microperthites vermiculées d'un type très spécial.

1. *In* Les syénites néphéliniques de l'archipel de Los. *Nouvelles Arch. Muséum* (5e série), T. III, 1911, p. 112.
2. *C. Rendus*. T. CLXIV, 1917, p. 434.

L'Afrique occidentale constitue peut-être la plus vaste région connue dans laquelle ces pyroxènes aient été rencontrés avec des modalités aussi variées. Beaucoup de ces roches gabbroïques sont dépourvues presque complètement ou même complètement de minerais et, en moyenne, elles sont fort pauvres en titane.

Les mêmes roches sont extrêmement développées dans la Sierra Leone, où elles ont été particulièrement étudiées par M. F. Dixey[1].

Je donne ci-contre une série d'analyses (*a*, *c* à *f*, Pisani ; *b* et *g*, Boiteau) que j'ai publiées antérieurement, complétée par des analyses nouvelles (A à D, M. Raoult).

a. *Gabbro quartzifère* (*structure diabasique*), km. 135, chemin de fer Konakry au Niger.	II(III) . '5 . (3)4 . 4.
A. *Gabbro pegmatique* (*euphotide*), Mont Kakoulima.	III . 5(6) . (3)4 . 4(5)[(1)2 . 2 . 2 . (1)2].
b. *Gabbro à structure diabasique*, Bougourou.	III' . 5 . 4 . 4(5)[1(2) . 1 . '2 . 2].
B. *Gabbro diabasique à hypersthène*, km. 119,5.	III . 5 . 3 . 4'[2 . 1 . 2 . 2].
d. *Gabbro à hypersthène* (*structure diabasique*), km. 177, chemin de fer.	III . 5 . (3)4 . 4[1 . 1 . '3 . 2].
C. *Gabbro à olivine*. Route de Sokotoro à Kouin Dautaré.	III' . 5 . 4 . 5[(1)2 . 3' . (1)2 . (1)2].
e. *Gabbro à olivine* (structure diabasique), km. 110,5 chemin de fer.	III(IV) . 5 . '4 . 4[1' . 2 . '2 . 2].
D. *Troctolite*[2], Sierra Leone.	III' . 5 . 4 . 4(5)[1(2) . '4 . 3 . 2'].
f. *Dunite* un peu feldspathique, km. 86, chemin de fer.	V . 1 . 5 . 1 . (1)2.
g. *Wehrlite*, Mont Kakoulima.	

	a	*A*	*b*	*B*	*d*	*C*	*e*	*D*	*f*	*g*
SiO^2	53,30	47,28	51,21	51,66	52,80	45,84	50,20	44,00	40,01	38,32
Al^2O^3	15,11	14,77	12,36	12,98	13,40	12,62	10,71	12,17	2,54	2,66
Fe^2O^3	2,40	3,10	3,29	3,33	1,80	4,42	2,55	3,86	1,00	4,35
FeO	6,66	4,32	6,16	6,92	7,58	6,48	6,60	13,37	11,70	11,78
MgO	6,05	11,94	13,26	8,16	9,30	18,51	16,20	16,44	39,80	36,22
CaO	9,55	13,12	10,66	10,96	11,05	9,56	10,10	6,88	1,68	2,74
Na^2O	2,68	2,86	1,60	3,12	2,16	1,93	1,71	1,73	1,07	0,16
K^2O	0,94	0,63	0,41	0,88	1,01	0,22	0,71	0,37	0,52	0,06
TiO^2	1,21	0,42	0,70	1,22	1,20	0,18	0,71	0,71	»	0,28
P^2O^5	0,08	0,07	0,11	0,19	0,10	0,00	0,09	0,05	»	0,07
H^2O +	1,61	1,31	0,36	0,53	0,70	0,21	0,60	0,18	1,10	3,38
—		0,24	0,14	0,12		0,19		0,29		
	99,66[3]	100,06	100,26	100,07	100,90	100,16	100,46[4]	100,05	99,58[5]	100,18[6]

1. The norite of Sierra Leone. *Proc. Geol. Soc. London*, 1921, p. 103 et *Rep. Geol. Surv. Sierra Leone*, 1919-1920. Au moment du tirage de cette feuille paraît une description détaillée de ces roches par le même auteur. *Quaterl. J. of Geol. Soc. London*, LXXVIII, 1922, p. 299.

2. J'ai recueilli cet échantillon aux îles de Los, parmi des blocs de lest apportés de Sierra Leone par des pêcheurs.

3. Y compris MnO 0,07.

4. Y compris Cr^2O^3 0,09 ; MnO 0,18.

5 et 6. Cr^2O^3 0,16.

B. — *Série alcaline.*

Au milieu de la série calco-alcaline de Madagascar, se trouvent quelques roches alcalines qui offrent un grand intérêt ; leur nombre augmentera sans doute quand l'étude lithologique de la Colonie sera plus avancée.

Elles se prêtent aux mêmes considérations que les roches calco-alcalines, c'est-à-dire qu'elles présentent des transformations en types granoblastiques, par l'intermédiaire de roches mécaniquement déformées. Madagascar est parmi les rares régions, où ont été reconnus jusqu'ici des gneiss alcalins dépourvus de quartz, et en particulier des gneiss à néphéline.

Les roches dont il s'agit presque toutes leucocrates, mais elles présentent des variations extrêmes quant à la nature de leurs alcalis.

a. — Série syénitique potassique.

Les massifs de granite monzonitique, associé à des granodiorites, de la région d'Ambatofinandrahana sont accompagnés par un nombre très considérable de filons de roches alcalines, surtout syénitiques, qui font de cette région de Madagascar l'une des plus remarquables de l'île ; ils se trouvent au milieu de la série quartzito-micaschisteuse. Toutes les roches de cette région ont subi des actions mécaniques intenses qui les ont déformées en leur donnant une structure porphyroclastique ou encore granoblastique ; nulle part je n'ai rencontré de cataclase qui ne soit accompagnée de recristallisation et celle-ci ne donne pas naissance à des minéraux nouveaux. C'est un bel exemple de formation de *gneiss alcalins* au dépens de roches éruptives syénitiques [1].

Au point de vue chimique, la série qui nous occupe est remarquable en ce qu'elle comprend tout d'abord des roches extrêmement riches en potasse ; j'y ai décrit des granites, un type spécial de syénite que j'ai appelé *finandranite*, caractérisé par la torendrikite, avec ou sans pyroxène, puis des syénites aplitiques à muscovite et enfin des *syénites néphéliniques à ægyrine* que j'ai proposé d'appeler *itsindrites*. Ces syénites sont accompagnées par des pegmatites à torendrikite et à ægyrine renfermant en grande abondance la bastnaésite et la tscheffkinite.

1. Cf. Tome II, p. 377 et suivantes.

Le tableau suivant donne la composition de ces types extrêmement potassiques.

32.	*Pegmatite granitique.* Sud Ambaravarana. . . .	I . 4 . 1′ . 2′.
39 *f*.	*Finandranite.* Ambatofinandrahana.	I . 5 . 1 . 2.
39 *g*.	— Sud Bedihy.	I . 5 . 1 . 2.
39 *h*.	— —	I(II) . 5 . 1(2) . 2.
39 *i*.	— Amparibe.	II . (4)5 . 1 . 2(3).
504.	*Syénite à pyroxène et amphibole.* Andringitra. . .	II(III) . 5 . 1 . 2.
40.	*Aplite syénitique à muscovite.* Andohatsindra. . . .	I(II) . 5 . (1)2 . 2.
46.	*Syénite néphélinique* (itsindrite). Itsindra.	II . 6′ . 1′ . ′3.
47.	— — —	II . 6 . 1 . ′3.

	32	39 *f*	39 *g*	39 *h*	39 *i*	40	504	46	47
SiO^{2}.	70,68	62,68	64,98	61,72	62,30	58,42	60,06	52,66	54,00
$Al^{2}O^{3}$.	14,19	16,71	14,48	16,02	13,00	18,96	11,17	20,10	18,22
$Fe^{2}O^{3}$.	0,85	2,64	2,62	3,22	4,62	4,50	7,29	4,00	4,87
FeO.	1,49	0,98	1,59	0,98	1,20	1,09	1,96	1,67	1,53
MgO.	»	0,51	1,54	1,51	2,22	0,97	2,58	1,36	0,91
CaO.	1,96	1,22	2,78	4,38	3,70	1,64	4,02	3,64	4,72
$Na^{2}O$.	2,73	2,86	2,19	2,04	3,07	2,12	4,18	4,71	4,85
$K^{2}O$.	8,03	11,21	8,11	9,59	8,05	10,60	7,39	10,11	9,61
TiO^{2}.	0,16	tr.	0,19	0,07	0,58	0,33	0,81	0,54	0,66
$P^{2}O^{5}$.	0,07	0,44	0,61	0,25	0,10	0,64	0,17	0,61	0,53
$H^{2}O+$. . . .	0,82	0,59	0,78	0,41	1,30	0,33	0,43	0,34	0,31
—. . . .	0,09	»	»	»	»	0,21	0,26	0,05	0,06
CO^{2}.	»	»	»	»	»	»	»	0,28	»
	101,07	99,84	99,87	100,19	100,53[1]	99,81	100,32	100,07[2]	100,27

D'autres roches se présentant dans les mêmes conditions sont caractérisées surtout parce que le minéral coloré est de la biotite et exceptionnellement de la torendrikite. Quelques-uns des types sont mélanocrates, ils ont un facies lamprophyrique ; leur teneur en potasse est très élevée, les autres, au contraire, sont des roches de couleur claire, leur teneur en potasse est moindre et celle en soude plus grande.

C'est à la même série qu'il faut rapporter un gneiss micacé dépourvu de feldspath provenant de Tsaratanana (cf. l'Appendice) et qui indique dans cette région, fort éloignée de la précédente, l'existence de roches analogues.

Voici les analyses correspondant à ces divers types.

99.	*Kersantite.* Nord d'Ambotofinandrahana.	III . 5′ . 2 . 2(3)[′2 . (3)(4) . 2 . ′2].
100.	— Ambatofangehana.	III . 5 . 3 . 3[2 . 2 . 2 . 2].
43.	*Aplite syénitique.* Ouest Ifasina.	II . 5 . 1 . 3.
46.	*Syénite à biotite.* Itorendrika.	II . 5 . 1 . 3.
39 *e*.	— *à torendrikite.* Ambatofinandrahana.	II . 5 . 1 . 3.
508.	*Gneiss syénitique micacé.* Tsaratanana. . .	I′ . 5 . 2 . 3′.

1. Y compris ZrO^{2} 0,39.
2. Y compris CO^{2} 0,28.

	99	100	43	46	39 *e*	508
SiO^2	48,68	46,56	60,72	63,54	60,98	58,56
Al^2O^3	12,33	14,44	15,89	14,23	13,67	18,84
Fe^2O^3	3,92	4,88	5,27	4,17	3,35	3,67
FeO	5,39	5,12	1,28	1,28	2,03	1,96
MgO	13,24	6,26	0,72	1,01	3,21	0,52
CaO	6,66	10,88	2,02	3,04	3,84	2,32
Na^2O	2,26	2,28	5,17	5,41	4,92	4,93
K^2O	4,71	3,92	7,87	6,49	5,65	5,46
TiO^2	1,16	2,81	0,39	0,48	1,03	0,99
P^2O^5	0,69	0,96	0,29	»	0,34	0,34
H^2O+	0,49	0,95	0,63	0,48	0,21	1,48
—	0,24	0,37	0,04	0,11	0,18	1,01
CO^2	0,41	0,86	»	»	0,39	»
	100,37[1]	100,29	100,29	100,34	100,13[2]	100,08

b. — Série granitique et syénitique sodique.

Granites et syénites. — Enfin, dans un dernier tableau, je donne, à la suite de l'analyse des granite et granodiorite dont il a été question plus haut, celles d'un petit nombre de roches se trouvant dans la même région et paraissant constituer des dykes ; elles sont caractérisées par la prédominance de la soude sur la potasse. Il est intéressant de faire remarquer que ces roches sodiques renferment les mêmes métasilicates alcalins (torendrikite et ægyrine) que les roches très potassiques. Je renvoie à la discussion de la page 380 du tome II concernant le rôle subordonné qu'il faut faire jouer dans la systématique des roches éruptives aux minéraux colorés et sur l'importance beaucoup plus grande qu'il y a lieu de donner aux considérations basées sur la nature des feldspaths. On y trouvera l'explication chimique de la présence de métasilicates sodiques dans les roches pauvres en soude.

En terminant, je ferai remarquer que la plus sodique de ces roches, une aplite dépourvue presque entièrement de potasse, accompagne l'itsindrite, pauvre en soude et extrêmement potassique, sous forme de filons au milieu des gabbros de l'Itsindra. Il sera intéressant d'entreprendre dans cette région des études de détail, afin de chercher à établir les relations mutuelles de toutes ces roches et de discuter leurs relations magmatiques possibles ; il s'agit là d'un exemple remarquable de différenciation s'effectuant dans des directions aussi opposées que possible au point de vue des alcalis.

1. Y compris F 0,19.
2. Y compris Cl 0,31.

12. *Granite monzonitique*, près Marovoalavo. . . . . . I . 4 . 2 . 3'.
25. *Granodiorite*. Sur l'Itsindra. . . . . I(II) . 4' . (2)3 . 4.
3. *Microgranite à aegyrine*. Sud Ambatofinandrahana. . . II . (4)5 . 1 . (3)4.
2. *Granite à aegyrine*. Aval d'Itorendrika. . . . . . I' . 4 . 1 . 4.
48. *Syénite à torendrikite*. Ambohimahatahotra. . . . . I(II) . '5 . 1 . '4.
50. *Aplite sodique*. Vallée de l'Itsindra.. . . . . . . I' . '5 . 1' . 5.

	12	25	3	2	48	50
SiO^2..	66,82	63,28	69,18	71,12	65,16	66,12
Al^2O^3.	16,66	17,29	14,50	14,15	15,44	17,51
Fe^2O^3.	2,40	1,86	3,71	3,05	3,23	2,74
FeO. .	0,99	2,37	0,78	0,59	0,69	1,00
MgO..	0,54	1,14	0,37	0,66	0,76	0,29
CaO. .	3,14	4,90	1,38	0,70	2,30	1,52
Na^2O .	4,16	4,34	6,67	6,82	6,67	9,72
K^2O. .	4,56	3,42	5,11	2,64	5,07	0,25
TiO^2..	0,49	0,54	0,58	»	0,51	0,39
P^2O^5..	0,28	0,08	0,07	0,07	0,06	0,09
H^2O +. .	0,14	0,65	1,11	0,41	0,31	0,53
—. .	0,05	0,30	0,17	0,09	0,15	0,13
CO^2. .	»	»	0,49	»	»	»
	100,23	100,17	100,12	100,30	100,35	100,29

c. — **Syénites néphéliniques sodiques.**

Je ne connais dans le Massif central que deux exemples de syénites néphéliniques sodiques, différentes par conséquent, au point de vue chimique, de l'itsindrite décrite plus haut; ces syénites proviennent de régions différentes de celles qui renferment les roches potassiques. Si l'on tient compte de ce fait que ces roches ont été recueillies sans que leur nature ait été reconnue sur le terrain, il n'est pas téméraire de supposer que d'autres gisements de ces roches seront rencontrés dans l'avenir.

Dans l'un des gisements, celui d'Anosikely, la roche est un peu rubanée ; elle présente des alternances de parties moyennement riches en minéraux colorés (amphibole) et de bancs à facies pegmatique extrêmement leucocrates. Leur structure est grenue et il est fort possible qu'elle soit primaire, quoique je ne veuille pas l'affirmer d'une façon absolue. Cette syénite néphélinique apparaît sous forme de blocs au milieu de la terre rouge dans une région gneissique.

Le second gisement, se trouvant à Makaraingo, comprend, au contraire une roche à grain fin uniforme, nettement rubanée; je n'hésite pas à la considérer comme le résultat d'une recristallisation ; aussi ai-je appelé cette roche un *gneiss à néphéline*, l'assimilant, au point de vue génétique, aux leptynites dérivant des granites. Je ne puis pas faire la preuve directe de cette origine comme pour ces dernières,

mais je ferai remarquer que dans la même région abondent des granites très déformés mécaniquement et présentant des phénomènes de recristallisation granoblastique.

Au moment où j'écris ces lignes, un géologue du Service géologique de l'Indo-Chine, M. René Bourret, apporte dans mon laboratoire les documents qu'il vient d'étudier dans sa thèse[1] et qui proviennent du Nord-Est du Tonkin. Il a rencontré dans cette région des roches tout à fait analogues à celles de Makaraingo et qui constituent le massif du Pia-Ma ; elles renferment tantôt seulement de la hastingsite en fait de minéral coloré (Ban-Muong), tantôt en outre (Ban-Long) de l'ægyrine et quelquefois de la biotite.

Mais ce qui fait l'intérêt comparatif de ces roches, c'est qu'il s'y trouve tous les intermédiaires entre des types franchement granoblastiques et des syénites néphéliniques à peine déformées, par l'intermédiaire d'autres offrant une structure cataclastique des plus nettes. J'ai fait faire par M. Raoult l'analyse A, d'un échantillon peu déformé, mais qui est plus particulièrement intéressant parce qu'à côté des minéraux signalés plus haut j'y ai rencontré une petite quantité *d'eudialyte.*

La caractéristique de ces roches du Tonkin, comme aussi de celles de Madagascar, réside dans ce que le feldspath y est du microcline quadrillé, dépourvu de bandelettes d'albite. La microperthite en est complètement absente, alors qu'elle constitue presque la règle dans les syénites néphéliniques de la région sédimentaire. J'attribue cette différence soit à une cristallisation plus profonde, pour le cas d'Anosikely, soit à une recristallisation effectuée sous pression pour celui de Makaraingo. Je signalerai aussi une particularité minéralogique qu'il faut peut-être rapporter à la même cause, je veux parler de l'existence d'une petite quantité de grenat dans ces gneiss à néphéline ; si, en effet, le grenat mélanite est un minéral presque constant dans les syénites néphéliniques très potassiques, telles que celles de l'Itsindra et les borolanites, je n'en connais pas d'autre exemple (en dehors des cas où, comme celui de Montréal signalé plus loin, on doit faire intervenir des actions de contact avec des calcaires) dans des syénites néphéliniques plus sodiques que potassiques.

Il sera très intéressant de rechercher dans le complexe des schistes cristallins de Madagascar s'il n'existe pas des types dépourvus de néphéline qui puissent résulter d'une recristallisation de roches à néphéline dans des conditions de grande profondeur et sous une autre forme minéralogique. On sait en effet, par exemple, qu'une telle origine est celle de la jadéite du Thibet.

1. *Études géologiques sur le Nord-Est du Tonkin.* Hanoï, 1922, p. 282.

Une indication est fournie à cet égard par l'analyse donnée plus loin d'un *gneiss à spinelle* dépourvu de quartz provenant de Tranomaro. La composition virtuelle que l'on peut en déduire, et qui est discutée dans l'Appendice à ce volume, est celle d'une *monzonite néphélinique* leucocrate.

52. *Syénite néphélinique*. Anosikely. . . . . . . I . 6 . 1 . 4.
51. — — . . . . II . (5)6 . 1 . 4.
134. *Gneiss à néphéline*. Makaraingo. . . . . . . I(II) . '6 . (1)2 . (3)4.
A. *Gneiss néphélinique* de Xa-Thi (Bac Kan). . . . I(II) . (5)6 . '2 . '4.
509. *Gneiss à spinelle*. Tranomaro. . . . . 'II . (5)6 . 2 . 3.

	52	51	134	*A*	509
SiO^2	56,68	55,04	55,99	55,44	49,82
Al^2O^3	24,47	16,89	20,18	20,61	22,08
Fe^2O^3	2,43	5,13	4,19	2,81	6,67
FeO	1,28	5,99	3,25	3,40	3,49
MgO	»	0,51	0,33	1,00	3,69
CaO	0,78	3,56	2,29	2,52	1,72
Na^2O	9,61	7,22	6,85	6,72	5,21
K^2O	4,29	3,88	5,59	5,31	4,97
TiO^2	0,06	0,68	0,29	0,76	1,09
P^2O^5	0,04	0,48	0,19	0,08	tr.
$H^2O +$	0,71	0,58	0,53	1,29	1,15
—	0,09	0,22	0,10	0,14	0,31
	100,44	100,18	99,84[1]	100,08[2]	100,30

1. Y compris Cl 0,04 ; SO^3 0,02.
2. ZrO^2 tr.

CHAPITRE II

LES CARACTÉRISTIQUES DES CENTRES ÉRUPTIFS POST-LIASIQUES

Dans le chapitre II de la Première Partie de cet ouvrage, j'ai fait l'inventaire des nombreux centres volcaniques de l'île, en m'attachant à préciser leur distribution géographique, je les ai passés en revue d'une façon méthodique, en tenant compte, *pour plus de simplicité,* de leur situation au milieu des sédiments ou sur le Massif cristallin.

Dans les divers chapitres de la Troisième Division de la Lithologie, consacrés aux laves et aux roches intrusives de ces centres éruptifs, chaque type lithologique a été considéré en soi, dans le but d'établir, aussi complètement que possible, sa composition minéralogique, sa composition chimique et sa structure.

Après cette étude analytique, il me reste à tenter un essai de synthèse, à rechercher les relations que ces types lithologiques présentent entre eux pour caractériser chaque centre d'émission. L'étude complète de ceux-ci eût nécessité un nombre d'analyses chimiques plus considérable encore que celui dont je dispose, bien qu'il soit déjà très grand. Quand j'ai préparé cet Ouvrage, j'ai été préoccupé en premier lieu de faire connaître *toutes* les roches rencontrées à Madagascar et j'ai fait analyser *toutes* celles qui étaient indispensables pour ce but. Mais l'expérience a montré que souvent, parmi les roches à facies basaltique en particulier, sous la monotonie d'aspect extérieur se cache beaucoup de diversité que ne soupçonnaient pas les collecteurs qui m'ont documenté sur les roches que je n'ai pas recueillies moi-même; il en résulte que, dans bien des cas, je n'ai eu à ma disposition, au moins à l'état frais, qu'un nombre d'échantillons insuffisant pour permettre de préciser les caractères généraux de certaines régions volcaniques. Je citerai, pour exemple, le Boina dont la constitution apparaît simple au premier abord, je n'y connais guère que des laves basaltiques, mais je n'en

possède que quelques analyses. J'ai été d'autre part limité par les ressources financières dont je disposais pour faire effectuer des analyses.

Par contre les documents se pressent pour d'autres régions, telle que la province d'Ampasindava que j'ai explorée moi-même et dont la complexité de composition frappe d'ailleurs les yeux les moins avertis; pour celles-là, j'ai réuni un grand nombre de données analytiques, car il m'a paru utile de faire porter mes efforts sur elles d'une façon spéciale.

Il résulte de ces remarques que les conclusions qui vont être formulées plus loin sont inégales comme certitude; j'aurai grand soin d'ailleurs de souligner au passage les points qui me semblent mériter une étude plus approfondie.

Dans les pages qui suivent, ont été groupées autrement la plupart des analyses données dans les chapitres de description lithologique; je leur ai conservé leur numérotage qui permettra plus facilement de remonter à la description des roches qu'elles concernent. J'y ai ajouté des analyses nouvelles faites, jusqu'à la dernière heure, pendant l'impression de ce volume; elles sont numérotées à partir de **453**.

Dans l'étude purement lithologique, j'ai, autant que possible, éliminé pour l'étude chimique toutes les roches dont la teneur en eau est élevée par cause d'altération, mais quand il s'est agi de préciser la composition d'un centre volcanique sur lequel j'étais peu documenté, j'ai dû parfois me résoudre à être un peu moins difficile pour le choix des échantillons à analyser.

Dans l'exposé de ce chapitre, je n'ai pas suivi complètement l'ordre géographique du tome I, et j'ai groupé les divers centres éruptifs de façon à mettre surtout en évidence leurs affinités magmatiques. La composition chimique de leurs roches permet d'établir entre eux deux grandes divisions. L'une est de caractère nettement *alcalin*, c'est la province d'Ampasindava, renfermant un très grand nombre de types intrusifs, avec une proportion moindre de laves épanchées; les roches y sont en moyenne *essentiellement sodiques*, à l'exception des roches quartziques épanchées qui sont souvent potassiques, tout en restant alcalines; les types néphéliniques y abondent à tous les degrés de basicité et de richesse en minéraux colorés. Les roches à facies basaltique épanchées présentent souvent un déficit, jamais un excès, de silice sur la quantité feldspathisable; ce sont des *basaltes* et surtout des *basanitoïdes*.

Je rapproche de cette province pétrographique des centres moins complètement étudiés, dans lesquels se trouvent assez de types lithologiques qui leur sont communs pour que leur comparaison paraisse légitime.

L'autre division présente des *affinités calco-alcalines* plus ou moins nettes, les roches épanchées y existent seules ou dominent sur les roches intrusives. Les laves quartziques y sont presque toutes potassiques et surtout calco-potassiques ; il y existe non seulement des *rhyolites* et des *dellénites* mais même quelques *dacites*. Il y a lieu de signaler l'absence complète de roches alcalines néphéliniques ; les roches à facies basaltique sont des *basaltes*, renfermant presque toujours de la silice libre virtuelle, souvent assez abondante pour caractériser des *sakalavites*.

Cependant dans plusieurs de ces centres éruptifs se trouvent quelques types intrusifs, généralement quartzeux, à feldspaths alcalins et à aegyrine, qui établissent une certaine parenté avec la division précédente. Enfin, dans quelques autres, les dernières éruptions ont été caractérisées par l'émission d'*ankaratrites* ou de *basanitoïdes*.

I

LES CENTRES ÉRUPTIFS MALGACHES

I. — LA PROVINCE PÉTROGRAPHIQUE D'AMPASINDAVA ET LES CENTRES ÉRUPTIFS LITHOLOGIQUEMENT APPARENTÉS.

A. — *Province pétrographique d'Ampasindava.*

La caractéristique lithologique de la province pétrographique d'Ampasindava (Cf. t. I, p. 85), dans laquelle je comprends ici Nosy Be, est de renfermer des roches extrêmement variées, de caractère généralement alcalin, dans lesquelles, à quelques exceptions près, la soude domine sur la potasse. La teneur en silice varie entre des limites fort étendues, de 73 à 39,7 pour 100.

La plupart de ces roches sont intrusives et grenues [1], quelques-unes d'entre elles forment de petits massifs ; plus souvent on les trouve sous forme de dykes qui peuvent être de grande puissance ou minuscules. Les roches volcaniques ne manquent pas, mais, au moins à l'intérieur de la province, elles ne se trouvent qu'à l'état de lambeaux discontinus, de coulées très démantelées.

Je passerai tout d'abord en revue ces différentes roches au point de vue de leur composition minéralogique et chimique, en signalant sous quelle forme elles ont été mises en place.

Une *série granitique* comporte deux divisions ; la première ne contient, en fait de *granites*, que celui de Lokobe qui renferme une proportion notable de plagioclases et fort peu d'une hornblende brune ; j'en rapproche les *nordmarkites* qui sont des syénites quartziques ou quartzifères, extrêmement voisines des granites par leur teneur en silice libre et c'est ce qui fait leur originalité à la lisière de la famille syénitique.

Toutes les autres roches de la série sont volcaniques, *rhyolitoïdes*, *pechsteins*. Elles se trouvent en coulées ou en filons minces, les unes sont vitreuses (*pechsteins*), les autres holocristallines, à facies *bostonitique*.

1. Nosy Be est essentiellement volcanique, à l'exception de son extrémité Sud-Est (Lokobe) constituée par des roches intrusives grenues, comme celles de Nosy Komba et de la Grande Terre voisine.

On voit d'après les nombres du tableau ci-dessous que, si l'on excepte le *micro-granite* de Nosy Komba et la *micronordmarkite* d'Ambatsivikina, dans toutes ces roches, la potasse l'emporte sur la soude ; c'est la seule portion de la série qui présente cette particularité.

206. *Microgranite* (Bostonite quartzique). Ampangorinana. . . . I . ′4 . 1 . (3)4.
297. *Rhyolite*. Ile Sakatia. . . . . I . 4 . 1(2) . 3.
298. *Rhyolitoïde*. Antsatrotro. . . . . I . 4 . 1′ . 3.
299. *Pechstein*. Ampasibitika. . . . . I . (3)4 . 1 . 3(4).
453. *Pechstein sphérolitique*. Katsary. . . . . I(II) . (3)4 . 1′ . 3.
210 *bis*. *Nordmarkite*. Maromiandra. . . . . I′ . 4 . 1′ . 3.
454. *Micronordmarkite*. Ambatsivikina. . . . . . . I(II) . 4′ . 1 . (3)4.
202. *Granite à hornblende*. Lokobe. . . . . I′ . 4(5) . 2 . 3.

	206	297	298	299	453	210 bis	454	202
SiO^2	73,50	71,80	69,71	69,95	68,84	67,22	65,68	63,92
Al^2O^3	15,35	14,03	14,68	11,99	10,62	15,84	16,08	16,59
Fe^2O^3	0,76	1,04	1,09	0,76	2,48	2,66	4,56	1,05
FeO	»	1,06	1,48	0,64	2,81	1,65	0,55	3,29
MgO	0,76	0,43	0,34	0,09	0,39	0,47	0,17	0,54
CaO	»	0,90	1,11	0,66	1,06	0,78	0,44	2,34
Na^2O	4,69	3,36	4,36	3,70	3,31	4,22	5,41	3,81
K^2O	3,88	5,69	5,67	3,80	4,08	5,09	4,86	5,97
TiO^2	0,06	0,29	0,47	0,18	0,34	0,64	1,00	0,70
P^2O^5	»	0,26	0,08	0,04	tr.	0,22	0,17	0,23
H^2O +	1,20	1,04	0,44	4,98	4,89	0,89	0,74	1,75
—		0,26	0,30	2,80	1,55	0,21	0,31	0,24
	100,20	100,16	99,73	99,59	100,44 [1]	100,01 [2]	99,97	100,43

La seconde série granitique, beaucoup plus intéressante que la précédente, est caractérisée par la présence d'ægyrine, de riebeckite ou de lanéite ; les *granites*, qui sont les types les plus importants, forment un massif dans l'Antsatrotro, mais le plus souvent ils constituent seulement des dykes, gros ou minces. Ces granites sont caractérisés par leur structure miarolitique, la nature d'ordinaire micro-perthitique de leurs feldspaths et en général la postériorité des métasilicates ferro-sodiques aux éléments blancs ; ils sont riches en zircon et présentent une assez grande irrégularité dans leur teneur en minéraux colorés qui, dans la *lindinosite* d'Ampasibitika, arrivent à constituer plus de la moitié de la roche.

Une mention toute spéciale doit être faite pour les filons granitiques à structure complexe : ceux-ci sont parfois formés par l'association symétrique de portions à grain fin [3] et de pegmatites caractérisées par d'énormes cristaux de riebeckite, alors que les parties à grain fin sont surtout riches en ægyrine. D'autres filons présentent une disposition extrêmement capricieuse en zones sinueuses, avec de très

1. Y compris MnO 0,07.
2. Y compris Cl = 0,12.
3. Par leur structure elles rappellent les aplites, mais elles sont trop riches en minéraux colorés pour qu'on puisse leur donner ce nom.

grandes variations dans la teneur en métasilicates, dans les proportions relatives des alcalis feldspathisables, et par suite dans la nature des feldspaths. Certaines portions sont hololeucocrates, plus potassiques que sodiques, d'autres, très riches en ægyrine, renferment encore de la microperthite d'orthose et d'albite, avec prédominance du feldspath potassique, alors que d'autres enfin sont essentiellement sodiques (albitiques) et pauvres en potasse. Si l'on ajoute à cela la présence *d'eucolite* (ou de ses pseudomorphoses en zircon), résultant d'une teneur élevée en zircone et en chaux et aussi la structure aciculaire de l'ægyrine dont la cristallisation est antérieure au feldspath, on a la définition de ce que j'ai appelé la *fasibitikite*, roche qui, aux points de vue minéralogique et chimique, doit être comparée à la rockallite, mais elle en diffère par la structure de son ægyrine; la fasibitikite doit être considérée comme l'extrémité quartzique d'une série lujavritique.

Au *granite* normal à *ægyrine*, il faut ajouter une série de *microgranites à ægyrine et riebeckite*, et enfin, une *grorudite à riebeckite* qui forment des filons minces dans les granites précités.

Je n'ai pas observé de laves ayant la composition chimique de ces diverses roches.

179.	*Granite à riebeckite et aegyrine*. Ampasibitika.	II . 3 . 1 . (3)4.
181.	— — — — .	II . 3 . 1 . 4.
186.	*Filons rubanés de fasibitikite.* . . . . — .	I . 4′ . 1 . 3.
188.	*Filons rubanés de fasibitikite.* Zone aplitique à zircon. — .	II . 3′ . 1 . 3 .
191.	*Filons rubanés de fasibitikite.* — à orthose. — .	I′ . 3 . 1′ . ′4.
194.	*Filons rubanés de fasibitikite.* — à albite (amphibolique).	II′ . 3 . 1 . 4.
196.	*Filons rubanés de fasibitikite.*	II(III) . (3)4 . 1 . 4.
199.	*Grorudite à riebeckite*. Ampasibitika.	I(II) . 3(4) . 1 . 3(4).
200.	*Microgranite à aegyrine*. Antsatrotro	I . 4 . 1 . ′4.
201.	— — *et riebeckite*. Ampasibitika.	′II . 4 . 1 . ′4.
176.	*Granite à lanéite*. Antsatrotro..	I(II) . 4 . 1 . 3′.
178	*Lindinosite*. Ampasibitika..	III . 3 . 1 . ′2.

	179	181	186	188	191	194	196	199	200	201	176	178
SiO^2. . .	72,00	68,40	69,30	70,25	70,97	70,50	66,40	72,00	70,47	68,32	67,75	59,50
Al^2O^3.. .	10,40	6,85	0,74	8,75	8,88	6,52	7,50	10,40	14,49	12,28	12,76	8,84
Fe^2O^3.. .	4,75	9,93	15,22	7,90	8,65	6,40	4,59	4,75	3,40	3,92	3,07	4,83
FeO. . .	2,30	1,14	0 ,5	1,62	0,83	0,63	6,22	2,30	0,33	2,79	3,14	10,93
MgO. . .	0,78	0,26	1,14	0,65	0,07	1,30	0,70	0,78	0,16	0,11	0,66	0,47
CaO. . .	0,52	1,34	»	0,51	0,66	3,65	1,10	0,52	0,52	0,48	1,04	5,50
Na^2O. . .	4,71	4,56	4,20	3,82	6,17	5,70	7,30	4,71	5,32	5,73	4,75	4,19
K^2O. . .	3,80	2,76	6,60	4,12	1,86	1,88	1,90	3,80	4,00	4,54	5,14	3,22
TiO^2. . .	0,21	0,26	»	0,06	0,25	0,26	0,20	0,22	0,35	0,39	0,59	0,59
P^2O^5. . .	»	»	»	0,12	»	»	»	0,39	0,13	»	0,11	0,10
H^2O+. .	0,75 (+ et —)	0,50 (+ et —)	0,71 (+ et —)	0,75 (+ et —)	0,75	1,00 (+ et —)	0,62 (+ et —)	0,75 (+ et —)	0,39	0,95	0,67	1,24
—. .					0,05				0,07	0,04	0,10	0,63
ZrO^2. . .	0,39	3,71	2,27	0,78	0,59	1,58	1,90	»	»	0,32	»	»
Ce^2O^3.. .	»	»	»	»	0,15	0,80	1,30	»	»	»	»	»
MnO. . .	»	tr.	»	0,13	0,13	tr.	0,60	»	»	0,09	»	»
	100,61	100,01	100,50	99,46	100,01	100,22	100,35	100,62	99,63	99,96	99,78	100,13[1]

1. Y compris S 0,09.

La *série syénitique alcaline* peut, elle aussi, être subdivisée en deux groupes. Le premier, dépourvu de pyroxène ferro-alcalin, comprend les *syénites à pyroxène* un peu calciques de Lokobe, passant aux granites indiqués plus haut et un *trachyte* de composition chimique analogue (Nosy Karakajoro).

Le deuxième groupe est formé par des roches à ægyrine ; les unes (*microsyénites* et *trachytes*) sont un peu quartzifères, alors que les autres, à feldspaths aplatis et à tendance phonolitique, sont parfois un peu néphélinifères (dykes) : l'un de ces types contient une proportion de chaux assez notable, mais elle n'est pas feldspathisable : j'ai réuni ces dernières roches à ægyrine sous le nom de *sölvsbergite*.

212. *Syénite à pyroxène*. Ambanoro. . . . . II . 5 . 1 . 3'.
213. — Lokobe. . . . . I . 5 . (1)2 . 3.
216. — [1] — . . . . I . (4)5 . 1(2) . 3'.
455. *Trachyte*. Ampireny.. . . . . I' . (4)5 . 1 . 3'.
324. — Nosy Karakajoro. . . . . I(II) . 5 . 1 . '4.
214. *Microsyénite à aegyrine*. Antsatrotro. . . . . . . I' . 5 . 1 . 3'.
219. *Trachyte à aegyrine*. Angorony. . . . . I . 5 . 1 . (3)4.
219. *Sölvsbergite*. Andrahibo. . . . . I . 5 . 1(3)4.
220. — *néphélinifère*. Nosy Kivonjy. . . . . II . 5 . 1 . 4.

	212	213	216	455	324	214	319	219	220
SiO^2.	62,16	61,92	64,26	64,82	63,50	63,28	62,91	60,90	60,20
Al^2O^3.	15,50	18,15	16,22	15,56	16,70	17,48	18,25	18,42	15,85
Fe^2O^3.	1,82	0,27	3,23	4,57	2,62	2,89	2,08	2,02	2,95
FeO.	4,55	2,90	2,72	0,83	1,78	1,41	1,47	2,93	3,20
MgO.	0,58	1,01	0,11	0,14	1,54	0,66	0,20	0,40	1,65
CaO.	3,34	1,65	2,24	0,68	1,38	0,52	0,87	0,97	2,75
Na^2O.	5,19	5,55	5,49	5,39	6,58	5,86	6,87	6,38	7,38
K^2O.	5,57	6,17	4,99	5,76	4,61	6,18	5,85	5,56	3,32
TiO^2.	0,73	0,35	0,05	0,96	0,57	0,96	0,94	0,47	0,39
P^2O^5.	0,15	0,05	0,04	0,11	»	0,26	0,19	0,13	0,07
H^2O + ...	0,47	1,44	0,88	0,71	1,00	0,35	0,47	0,80	2,00
—	0,21		0,23	0,38		0,30		0,65	
	100,27	99,46	100,46	100,20[2]	100,38[3]	100,15	100,10	99,63	100,16[4]

Il existe une seconde *série syénitique* qui est *alcalino-calcique* ; elle est caractérisée par la présence d'une quantité d'anorthite virtuelle qui n'est pas négligeable et qui, dans certains types, est exprimée minéralogiquement (*akérite* et *micro-akérite, trachyte*), alors que, dans d'autres cas, elle reste à l'état de solution

1. Cette roche est très voisine du granite de Lokobe (**202**) : je n'ai pu déterminer sur place s'il s'agit d'un facies de variation de cette roche ou d'une roche ayant une indépendance distincte.
2. Y compris MnO 0,29. Cette roche a une composition chimique très voisine de celle de la micronordmarkite d'Ambatsivikina (**454**) dont le gisement est peu éloigné, mais distinct.
3. Y compris MnO 0,10.
4. Y compris MnO 0,40.

solide[1] dans les feldspaths alcalins et à l'état potentiel dans les minéraux colorés, tel est le cas de la *laurvikite* de Bezavona et de certaines *syénites néphélinifères* de Nosy Komba. Cette série a généralement des affinités néphéliniques très nettes, à l'exception toutefois de la *micro-akérite* d'Ambodimadiro qui est légèrement quartzifère. Les syénites néphélinifères passent d'ailleurs insensiblement aux types néphéliniques dont il va être question plus loin.

Le trachyte d'Ankazoberavina est à rapporter à cette série au point de vue chimique.

331.	*Trachyte* Ankazoberavina.	'II . 5 . '2 . 4.
223.	*Micro-akérite*. Ambodimadiro.	I' . '5 . 2 . '4.
222.	*Akérite*. Ankely	II . 5 . 2(3) . '4.
221.	*Laurvikite*. Mont Bezavona.	II . 5 . 2(3) . 4.
224.	*Syénite néphélinifère*. Andevenanaomby.	II . 5 . 2' . (3)4.
239.	— Ampangorinana.	II . 5 . 2 . '4.
240.	— —	II . 5(6) . '2 . 4.

	331	223	222	221	224	239	240
SiO^2.	59,28	56,25	53,39	55,28	54,20	56,22	55,95
Al^2O^3.	17,50	19,75	17,96	17,17	19,90	17,92	17,42
Fe^2O^3.	2,27	1,85	2,49	3,53	2,60	2,44	2,60
FeO.	2,86	4,23	4,91	5,27	3,65	3,85	5,22
MgO.	1,09	2,54	3,13	1,65	1,41	1,58	3,17
CaO.	3,55	3,62	6,41	5,52	3,12	5,42	5,02
Na^2O.	7,33	5,91	4,37	4,99	5,42	6,36	5,15
K^2O.	2,68	4,80	3,43	2,31	4,82	3,93	4,00
TiO^2.	1,16	0,63	1,81	1,92	1,15	0,94	1,05
P^2O^5.	0,23	0,70	0,62	0,31	0,23	0,27	0,18
H^2O +.	1,44	0,83	0,80	1,05	3,37	1,02	0,50
—	0,35		0,39	0,24		0,26	
	99,24	101,11	99,71	100,12[2]	99,87	100,21	100,26

La série des *syénites néphéliniques* est plus complexe que les précédentes. Un premier groupe renfermant de l'ægyrine occupe vis-à-vis des syénites précédentes, la même situation que les granites à ægyrine par rapport aux granites proprement dits. A Madagascar, ces syénites forment presque toujours des filons, sauf à Andevenanaomby (type à eudialyte), où il s'agit probablement d'un petit massif intrusif. La structure la plus fréquente est la foyaïtique.

C'est au même type chimico-minéralogique qu'il faut rapporter les formes uniquement filoniennes, *aplites néphéliniques*, *linguaïtes*, *microsyénites néphéliniques* et aussi les *phonolites* qui forment des dykes, des dômes superficiels, ou peut-être des coulées, au mont Ankitsika et à Ankify.

1. C'est la répétition de ce qui se passe dans le bassin de Kristiania, où il existe des *laurvikites* sans plagioclase exprimé, et des *akérites* avec plagioclases : les laurvikites ont aussi des affinités néphéliniques, mais il existe des variétés quartzifères (Cf. Brögger, *Z. f. Kryst.* 1890).

2. Y compris Cl 0,19 ; CO^2 0,69.

225. *Syénite néphélinique* à aegyrine. Nosy Komba. . . . . I . 6 . 1 4.
226. — — et eudialyte. Andevenanaomby. . II . 7 . 1 . 4.
227. *Aplite néphélinique*. Nosy Komba. . . . . I'.(5)6 . 1 . '4.
228. *Phonolite* (traînée dans syénite néphélinique). Nosy Komba. . . I . 6 . 1 . 4.
229. *Microsyénite néphélinique*. Nosy Komba . . . . I'. 6 . 1' . '4.
230. *Tinguaïte variolitique*. Antsohanina. . . . . I'.(6)7 . 1' . 4.
332. *Phonolite*. Mont Ankitsika. . . . . I'. 6 . 1 . 4.
334. — Ankify.. . . . . I(II) . 6 . 1' . 4.

	225	226	227	228	229	230	332	334
SiO^2.	58,61	52,28	59,20	58,62	58,25	52,60	55,61	54,15
Al^2O^3.	21,80	20,91	20,60	21,50	21,00	22,80	20,63	21,95
$Fe\,O^3$.	1,76	4,11	2,31	0,47	0,48	2,43	2,86	2,07
FeO.	1,77	1,58	2,07	3,65	3,22	2,00	1,19	1,74
MgO.	0,62	0,24	0,87	0,88	0,99	1,09	0,27	0,82
CaO.	0,30	1,88	0,93	0,56	1,60	1,67	1,26	2,55
Na^2O.	9,45	11,49	7,01	7,95	8,01	9,42	9,62	8,29
K^2O.	5,21	4,77	6,75	5,47	5,86	5,21	5,29	6,10
TiO^2.	»	0,40	0,07	0,06	0,06	0,06	0,23	0,66
P^2O^5.	»	0,21	»	»	»	»	0,14	0,16
H^2O +.	0,75	0,68	1,50	1,12	0,62	2,12	2,15	1,00
—		0,14					0,12	0,30
	100,27	100,08 [1]	101,31	100,28	100,09	99,60	99,82 [2]	99,79

La série lithologique que j'ai appelée *syénito-théralitique* est essentiellement caractérisée par la constance d'une hornblende brune barkévicitique, associée à de l'augite titanifère ; sans être exclusive de l'olivine, cette hornblende est rarement associée à celle-ci.

Cette série débute par les syénites *néphéliniferes* du tableau précédent, elle se continue par le second groupe des *syénites néphéliniques* ; ces roches sont surtout abondantes à Nosy Komba, mais elles se rencontrent aussi dans le massif de Bezavona : j'y rattache les *microsyénites* et les *tinguaïtes analcimiques à hornblende* que j'avais considérées autrefois comme leucitiques et dans lesquelles l'analcime est vraisemblablement primaire.

Une de ces syénites néphéliniques est un peu plus potassique que sodique, mais en moyenne ces roches sont très riches en soude et très alumineuses ; elles partagent d'ailleurs ces propriétés avec les syénites à ægyrine.

235. *Syénite néphélinique à hornblende*. Côte Nord de Nosy Komba. 'I . '6 . 1 . 3'.
236. — — Pic Antananaomby.. . . . I(II) . 6 . 1 . 4.
237. — — Nosy Komba.. . . . . . I . 6 1' . 4.
231. *Microsyénite analcimique*. Bezavona. . . . . I'. 6 . 1(2) . 4.
233. *Tinguaïte analcimique à hornblende*. Bezavona. . . . . . . I'. 6(7) . 1(2) . 4.

1. Y compris Cl 0,47 ; MnO 0,22 ; ZrO^2 0,61 ; CO^2 0,09.
2. Y compris SO^3 0,05 ; Cl 0,40.

	235	236	237	231	233
SiO_2	58,72	57,09	55,95	54,25	53,40
Al_2O_3	21,40	20,00	22,96	22,61	23,50
Fe_2O_3	0,39	2,05	0,86	0,61	1,57
FeO	1,39	2,07	1,10	3,60	2,35
MgO	0,75	0,73	0,25	0,26	0,66
CaO	1,72	2,60	1,71	1,62	2,64
Na_2O	7,10	7,81	7,17	8,95	9,10
K_2O	7,48	5,51	6,43	3,97	5,58
TiO_2	0,19	1,10	0,33	0,32	0,33
P_2O_5	0,10	0,08	0,10	»	»
H_2O +	0,68	1,75	2,55	3,12	1,25
—			0,35		
	99,92	100,79	99,76	99,31	100,38

La famille que j'ai proposé de désigner sous le nom de *monzonite néphélinique* comprend des types plus potassiques que sodiques et d'autres dans lesquels ces deux alcalis existent en proportions pondérales à peu près égales ; ils sont réalisés à Nosy Komba par une roche grenue, au mont Ankitsika et Bezavona par une lave, une *latite néphélinique* que j'ai désignée dans le tome I (p. 95), sous le nom de campanite que je préfère aujourd'hui réserver aux roches du Vésuve.

Mais elle contient surtout des types plus sodiques que potassiques. C'est le cas de la plupart des *monzonites néphéliniques* de la Berondra et de Nosy Komba ainsi que de certaines roches microlitiques du mont Ankitsika et du Bekotapo qui sont à rapporter aux *tahitites*.

La composition de ces différentes roches est résumée par les analyses ci-contre.

339. *Latite néphélinique*. Mont Ankitsika. . . . . II . '6 . 2 . 3.
241. *Monzonite néphélinique*. Nosy Komba. . . . . . . II . 5' . 3 . 3'.
242. — — — . . . . II . 6 . 2 . 4.
243. — — Berondra. . . . . II . 7 . '2 . 4.
244. — — — . . . . II . 6 . '2 . 4.
340. *Tahitite*. Mont Ankitsika. . . . . I(II) . 6 . 2 . '4.
341. — Bekotapo. . . . . I(II) . 6 . '2 . 3(4).

	339	241	242	243	244	340	341
SiO_2	55,18	51,54	51,10	48,45	47,16	52,82	52,08
Al_2O_3	19,02	18,80	20,95	22,08	21,76	21,13	20,63
Fe_2O_3	0,11	2,67	0,90	1,90	3,44	2,41	3,42
FeO	3,18	3,88	5,58	3,37	2,97	2,74	2,28
MgO	1,08	3,33	2,81	1,68	1,15	1,09	0,21
CaO	8,83	8,00	5,35	7,23	6,38	5,00	4,32
Na_2O	4,68	4,13	6,35	8,30	7,78	7,22	8,61
K_2O	5,61	4,19	4,21	3,87	3,47	5,34	3,94
TiO_2	0,46	1,18	1,38	0,90	1,77	0,86	0,61
P_2O_5	0,24	0,29	0,18	0,52	0,24	0,36	0,15
H_2O +	1,32	1,57	0,87	2,25	2,92	0,63	2,47
—	0,36	0,24			0,73	0,13	0,29
	100,14[1]	99,82	99,68	100,55	100,11[2]	100,35[3]	100,10[4]

1. Y compris Cl 0,02 ; SO_3 0,05.
2. Y compris Cl 0,13 ; CO_2 0,21.
3. Y compris Cl 0, 23 ; SO_3 0,39.
4. Y compris Cl 0,08 ; CO_2 1,01.

Beaucoup plus abondantes sont les roches grenues ou intersertales qui constituent une suite continue depuis des *essexites* riches en orthose, jusqu'à des *théralites* dont le feldspath est presque exclusivement un plagioclase et enfin des *berondrites*, roches magnifiques, surtout développées à Nosy Komba et dans le massif de Bezavona ; dans cette dernière région, le type normal de berondrite renferme fréquemment des enclaves à grain fin, porphyriques et riches en olivine. Il faut rapporter en outre à cette même série des *mafraïtes*, formes hétéromorphes de berondrite dépourvues de néphéline, et des *monchiquites* ; ces roches n'ont pu être analysées, faute d'échantillons suffisamment frais.

Autant les formes intrusives de cette série sont abondantes, autant leurs formes épanchées sont rares en dehors de Nosy Be dont les laves appartiennent à des types de ce genre ; il faut toutefois reconnaître que le nombre des analyses de laves basiques de la Grande Terre que je possède est infiniment moins considérable que celui des roches grenues et peut-être une plus grande quantité d'analyses de ces basaltes modifierait-elle cette conclusion. Quoi qu'il en soit la *téphritoïde à biotite* d'Ambatomainty, près Bejofo, a une composition chimique qui en fait l'équivalent épanché de la luscladite (voir au paragraphe consacré aux Comores).

Le très grand intérêt des roches grenues de la série syénito-théralitique réside dans le rôle géologique différent joué par ses différents termes ; on les trouve sous forme de corps géologiques distincts, à l'état de filons parsemés à profusion, non seulement à Nosy Komba et sur les bords de la Berondra, mais aussi dans toute la région gréseuse comprise entre la baie d'Ampasindava et le parallèle de Manongarivo. L'ensemble de ces roches constitue un exemple caractéristique de ce que j'appelle une *série lithologique* (*pétrographique*).

Les mêmes roches existent aussi sous forme de *facies de variation* dans les syénites néphéliniques à hornblende et même les syénites néphélinifères et les syénites à hornblende sans néphéline. Je renvoie aux analyses comparatives que j'ai fournies page 640 du tome II, me contentant de donner ici les diagrammes de variation comparatifs de ces trois types de syénites et de leurs enclaves ; ils mettent en évidence que pour chacune d'entre elles, les variations de tous les éléments considérés individuellement suivent des chemins sensiblement parallèles. Ces variations se sont formées *in situ*, sans charriage d'enclaves : elles ont donné naissance simplement à des taches, à contours vagues, distribuées en nombre considérable au milieu des syénites. Ce sont là des exemples très nets de différenciation par cristallisation.

J'ai montré aussi page 641 du tome II que ces mêmes types lithologiques peuvent prendre naissance (*roches hybrides*) par action endomorphe soit du

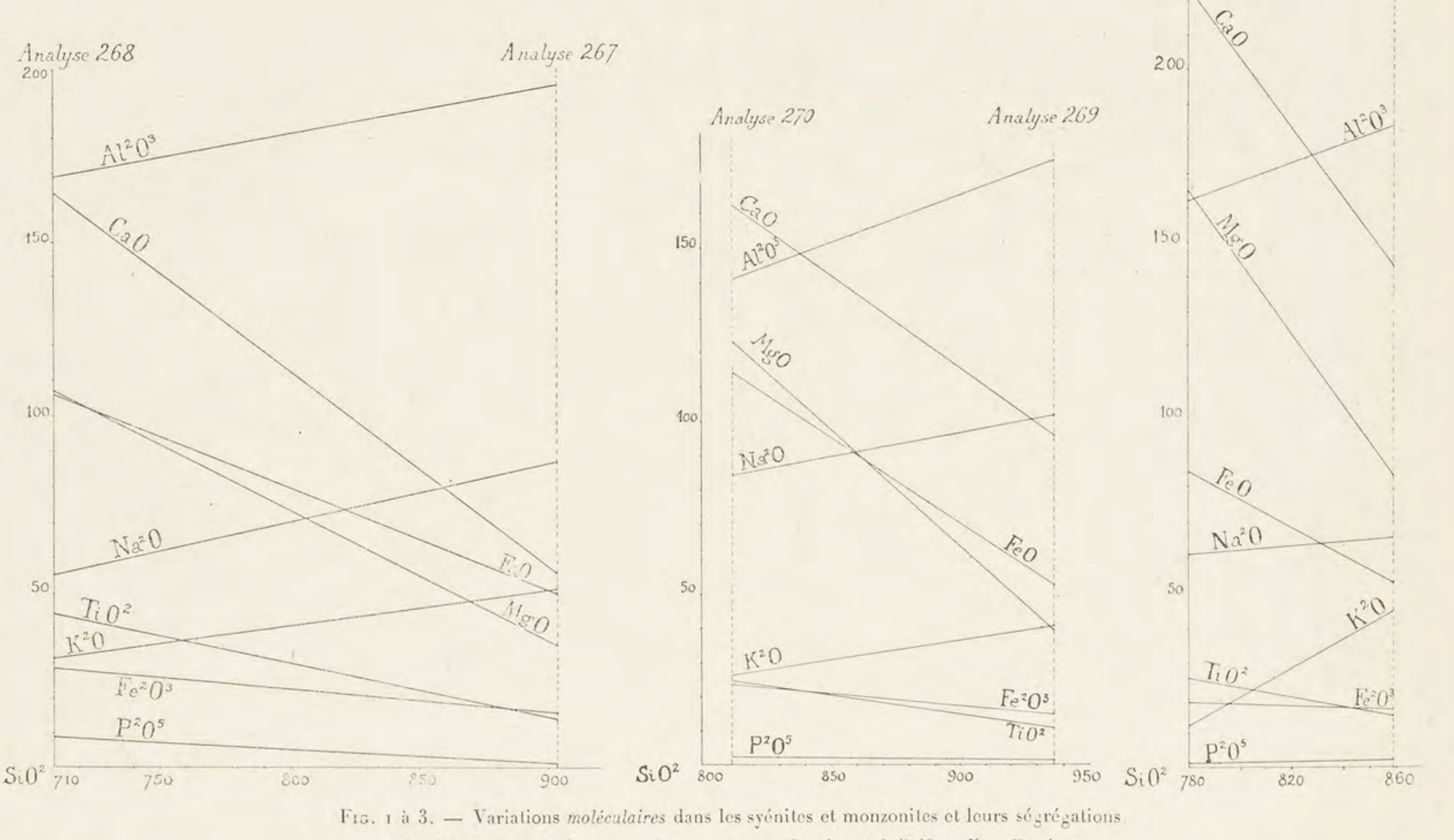


FIG. 1 à 3. — Variations *moléculaires* dans les syénites et monzonites et leurs ségrégations.
267-268. Syénite. Andevenanaomby. — 269-270. Syénite néphélinifère. Nosy Komba.
271-272. Monzonite néphélinique. Nosy Komba.

gabbro amphibolique, soit de l'un quelconque des types les plus basiques de la série sur la syénite néphélinique très leucocrate.

245.	*Essexite*. Nosy Komba..	II . 5(6) . 2(3)4.	
246.	— Berondra.	II . 6 . 2' . 4.	
247.	— Jangoa.	II . 6 . '3 . 4.	
248bis.	*Théralite*. Nosy Komba..	'III . 6 . 2 . 4.	
248.	— Bekinkiny.	II . 7 . 2 . 4.	
456.	*Téphritoïde à biotite*. Ambatomainty. .	II(III) . (5)6 . 2 . 3(4).	
252.	*Berondrite*. Nosy Komba.	III . '6 . 3 . 4'.	
254.	— *à olivine*. Berondra. . . .	III . 6' . 3 . 4.	
255.	— Bezavona.	III . 6(7) . 3' . 4.	
391.	*Basanitoïde*. Ampombilava (Nosy Be). .	III . 6 . 3' . 4(5).	['2 . (2)3 . 2 . 2].
397.	— Ile Sakatia. — . .	III . 6 . '3 . 4.	[2 . '2 . 2 . 2(3)].

	245	246	247	248bis	248	456	252	254	255	391	397
SiO^2. . .	53,10	46,40	47,90	48,44	43,60	48,52	46,79	43,60	40,60	43,75	43,03
Al^2O^3.. .	20,15	20,01	19,85	14,38	14,07	15,87	16,47	14,60	16,56	15,90	13,75
Fe^2O^3.. .	1,15	4,07	1,05	3,94	3,42	4,36	3,13	5,04	5,88	2,50	5,98
FeO. . .	5,75	4,95	5,49	8,22	7,85	6,14	6,05	7,13	6,89	7,85	7,29
MgO. . .	3,05	2,75	4,21	4,91	6,86	3,22	6,60	5,22	5,52	9,34	6,58
CaO. . .	6,74	8,44	8,56	9,08	11,62	8,78	12,50	14,62	14,24	11,10	11,80
Na^2O. . .	5,65	6,29	4,85	5,19	5,05	5,02	3,78	3,51	2,93	3,38	3,38
K^2O. . .	2,56	2,71	3,21	2,55	1,88	2,51	1,14	2,05	1,80	0,75	2,20
TiO^2. . .	1,41	2,57	3,60	2,01	3,16	2,78	2,12	3,40	3,80	2,40	2,32
P^2O^5. . .	0,25	0,26	0,34	0,31	0,13	0,71	0,27	0,28	0,65	0,07	0,76
H^2O +. . }	0,62	1,25	1,15	0,91	1,75	1,91	0,89	0,65	1,03 }	3,10	1,87
—. . }				0,09	0,48	0,30	0,30	0,14	0,14 }		0,66
	100,43	99,70	100,21	100,03	100,29[1]	100,12	100,04	100,24	100,04	100,14	99,62

Pour compléter cette esquisse, il me faudrait citer les différents types de *bekinkinite*, mais comme j'ai pu montrer que leur minéral caractéristique, l'analcime, est dû à des actions secondaires, immédiates ou médiates, dans l'un et l'autre cas, à mon avis, ils n'ont pas d'importance magmatique ; d'ailleurs cette transformation semble s'être effectuée par simple hydratation, de telle sorte qu'elle n'a pas de retentissement notable sur les paramètres.

Pour terminer l'exposé de ce qui concerne les roches à néphéline, il me reste à rappeler deux roches spéciales à Madagascar, dépourvues de feldspath essentiel, mais en contenant une portion importante à l'état virtuel, l'*ampasiménite* et la *fasinite*. Ce sont des roches intrusives et filoniennes qui, dans la Grande-Ile, n'ont pas leur équivalent épanché. On peut cependant en rapprocher l'*ankaratrite limburgitique* d'Ambato, roche beaucoup plus mélanocrate. Enfin l'*ankaratrite très péridotique* d'Ankalempobe à Nosy Be, est une variété d'ankaratrite extrêmement magnésienne dont la forme grenue serait une pyroxénolite à olivine.

1. Y compris MnO 0,42.

260.	*Ampasiménite*. Ampasimena	II . 6 . '3 . 4.	
259.	*Fasinite*. Ambaliha.	III . 6' . 3 . 4.	
258.	— —	III' . 7 . 3 . 4.	[2' . 2 . 2(3) . 2(3)].
405.	*Ankaratrite limburgitique*. Ambato. . . .	IV[(5)6 . 4 . 4]	2' . 2 . 2 . 2.
416.	— *trèspéridotique*. Ankalempobe (Nosy Be).	IV[6 . 3 . 4]	1 . 3 . '2 . 2.

	260	**259**	**258**	**405**	**416**
SiO^2	43,35	40,10	39,70	41,34	43,30
Al^2O^3	19,44	15,50	14,18	12,87	8,57
Fe^2O^3	6,30	6,35	5,27	4,28	1,51
FeO	1,96	7,29	8,40	8,80	8,85
MgO	2,48	8,41	8,04	11,16	21,20
CaO	9,54	12,40	15,20	13,75	9,45
Na^2O	5,05	3,37	2,83	1,42	1,91
K^2O	2,89	1,67	1,51	0,71	1,07
TiO^2	1,53	2,98	4,20	3,00	1,74
P^2O^5	0,70	1,28	0,35	0,84	0,13
H^2O + ...	5,24	0,87	0,44	1,39	2,00
—	0,98		0,19	0,22	
	99,76[1]	100,22	100,31	99,78	100,13[2]

Une dernière série me reste à considérer, la *série gabbroïque* ; c'est celle des roches à plagioclases dépourvues de néphéline ; elle comprend une diorite à structure diabasique, et surtout des *gabbros* à hornblende ou à olivine plus ou moins mélanocrates ; ils sont intrusifs. Les *camptonites* et les *basaltes camptonitiques* en sont les formes filoniennes ; leur forme d'épanchement est constituée par des *labradorites* et des *basaltes* dont l'*ankaramite* d'Ankaramy est une variété extrêmement mélanocrate et particulièrement riche en pyroxène. La roche **266** est peut-être une micro-essexite analcimisée ; sa composition chimique actuelle est celle d'une andésite.

Il y a lieu de souligner l'absence complète dans la province pétrographique d'Ampasindava des roches basaltiques à silice libre qui sont si caractéristiques de tant d'autres centres volcaniques malgaches.

266.	Manongarivo.	II . 5 . 3 . 4.	
276.	*Diorite à structure diabasique*. Berondra. . .	II . 5 . 3 . (3)4.	
353.	*Labradorite à hornblende*. Manakanala. . .	II(III) . 5 . 5 . 4.	['2 . 3 . 2 . '3].
278.	*Gabbro à hornblende*. Nosy Komba.. . . .	II(III) . 5 . 4 . 4.	['2 . 2 . 2 . 2'].
279.	— Nosy Komba.. . . .	'III . 5' . 4 . 4.	[2' . 1' . (3) . 2(3)].
375.	*Basalte à augite*. Ankerana.	III . 5 . '4 . 3(4).	[2 . 2 . 2 . 2].
456.	— Antranovato près Bejofo. .		
281.	*Gabbro à olivine*. Joja	III . 5 . (3)4 . 4.	[(1)2 . 3 . '2 . 2].
282.	— *mélanocrate*. Ambatofotsy. .	IV[5 . (3)4 . 4'].	1(2) . 2 . 2 . 2.
380.	*Ankaramite*. Nord d'Ankaramy..	IV[5 . 3 . (3)(4)].	1' . '3 . 2 . '2.

1. Y compris CO^2 0,28 ; Cl 0,02.
2. Y compris MnO 0,40.

	266	276	353	278	279	375	281	282	380
SiO^2	49,92	45,97	47,04	45,40	44,44	44,08	46,70	46,01	43,27
Al^2O^3	19,60	17,31	17,70	18,40	18,16	13,12	15,44	6,36	7,54
Fe^2O^3	1,87	4,31	2,59	0,77	5,97	3,50	2,29	4,22	2,22
FeO	5,14	5,65	7,56	6,70	5,34	6,68	7,93	7,52	6,18
MgO	3,30	3,19	5,53	7,45	5,59	8,90	9,90	16,95	17,65
CaO	8,50	9,14	9,90	13,20	14,03	14,05	10,70	15,10	13,72
Na^2O	4,29	3,39	3,05	2,31	2,12	1,57	2,47	1,11	1,26
K^2O	1,82	2,84	1,89	1,25	0,74	1,56	1,09	0,40	1,14
TiO^2	1,40	3,18	2,71	2,82	2,71	2,12	1,92	1,36	1,25
P^2O^5	0,48	0,15	0,50	0,17	0,22	0,36	0,50	0,70	0,38
H^2O+	3,03	2,11	1,02	1,00	0,70	1,86	0,96	0,48	0,38
—	0,13		0,17		0,07	0,52	0,14	0,11	0,22
	99,85[1]	99,99[2]	99,95[3]	99,47	100,09	100,19[4]	100,04	100,32	99,59[5]

Le gabbro mélanocrate à olivine d'Ambatofotsy est l'homologue de la *montréalite* dont il sera question plus loin dans le paragraphe consacré aux roches de Montréal, mais dans cette région la montréalite est le terme très mélanocrate dépourvu de néphéline auquel aboutit la *luscladite*.

Age des éruptions. — Dans cet ensemble complexe, il est difficile d'établir l'âge absolu des roches et même l'âge relatif de la plupart d'entre elles.

La province pétrographique d'Ampasindava est très accidentée, elle comprend de hautes montagnes, telle que l'Antsatrotro qui n'a pas été exploré dans sa plus grande partie, et d'innombrables petites collines côniques ; les unes et les autres sont couvertes de bois épais et parfois impénétrables ; les montagnes dénudées ne sont pas fréquentes. Parmi ces sédiments dominent les grès ou les calcaires et souvent les roches éruptives n'ont été recueillies que sous forme de blocs éboulés dans des ravins. La question est compliquée par la fréquente localisation des divers types pétrographiques ; elle est si frappante qu'elle m'a conduit à distinguer dans le tome I des districts, caractérisés par certaines roches.

Enfin les notions géologiques sont rendues précaires par le peu d'étendue des variations d'âge des formations sédimentaires de cette région. On peut seulement affirmer que toutes les roches éruptives traversent et métamorphisent le Lias supérieur et, dans le Sud-Ouest du massif, le Jurassique moyen. Par analogie avec ce qui sera décrit plus loin au mont Jombo, sur la Côte d'Afrique syénite néphélinique), il est possible de penser que les premières intrusions datent de la fin du Crétacé, mais une observation faite à Nosy Karakajoro permet

1. Y compris Cl 0,25 ; S 0,12.
2. Y compris CO^2 2,75.
3. Y compris CO^2 0,29.
4. Y compris CO^2 1,87.
5. Y compris CO^2 4,32.

en outre d'affirmer que le trachyte de cette ile s'est épanché sur l'Aquitanien. On ne peut rien dire de plus.

Age relatif des diverses roches. — Quant à l'âge relatif des différentes roches, voici les seules données qui soient acquises avec certitude. A Nosy Komba, les gabbros amphiboliques sont traversés par toute la série néphélinique et, dans celle-ci, les types les plus leucocrates sont les plus récents. Là où sont réunis plusieurs variétés de syénites néphéliniques (Nosy Komba, Bezavona), celles qui renferment de l'ægyrine traversent celles caractérisées par la hornblende. Enfin, toutes les catégories de roches exclusivement filoniennes ; bostonites, aplites néphéliniques, microsyénites, néphéliniques ou non, tinguaïtes, monchiquites, camptonites, sont postérieures encore aux syénites néphéliniques.

Dans le massif de Bezavona, on peut assurer que si la berondrite constitue un corps géologique distinct, elle est antérieure aux syénites néphéliniques et celles-ci paraissent être postérieures également aux laurvikites.

Quant aux granites, je ne les ai vus nulle part en contact avec les autres roches éruptives, mais, par analogie avec ce qui sera décrit plus loin dans l'Ambohitrosy et le Fonjay, il me semble légitime de les considérer, eux aussi, comme plus jeunes que les gabbros.

Les roches volcaniques sont entremêlées, au point de vue topographique, avec les roches grenues du centre du massif, bien qu'elles soient surtout abondantes sur sa périphérie, mais nulle part je n'ai pu voir de contacts décisifs permettant d'établir leurs relations avec ces roches grenues. La seule observation permettant d'affirmer que des roches intrusives sont postérieures à des roches volcaniques consiste dans la découverte, dans le massif de Bezavona, de blocs éboulés de brèche de latite néphélinique traversés par des veinules de syénite néphélinique.

Par contre, l'état de fraîcheur des affleurements basaltiques de l'Est du massif ne laisse pas de doute sur leur jeunesse et l'on sait qu'à Nosy Be, les appareils volcaniques adossés aux roches intrusives de Lokobe sont si frais qu'on pourrait les croire formés d'hier.

L'activité éruptive s'est donc manifestée dans la province d'Ampasindava pendant une longue période de temps ; commencée à la fin du Crétacé, elle s'est terminée au début de la période actuelle (Nosy Be) par l'émission de roches basiques offrant une grande ressemblance avec celles de beaucoup des autres centres de la Grande Ile qui vont être passés en revue.

Structure de la province d'Ampasindava. — Si malgré ces incertitudes l'on veut faire une hypothèse, il me semble permis de supposer que la province pétrographique d'Ampasindava représente un massif volcanique très décapé qui a été

jadis couvert, au moins partiellement, par un manteau de laves et dont les intrusions, visibles aujourd'hui, représentent les parties profondes. La plupart de ces roches intrusives se sont certainement consolidées sous une couverture peu épaisse, en effet les structures franchement grenues y sont beaucoup moins fréquentes que les structures à feldspaths aplatis (structures foyaïtique ou intersertale) et celles-ci présentent des passages si ménagés à la structure microlitique que l'on est souvent embarrassé pour dénommer un échantillon déterminé ; ces passages s'observent aussi bien dans les essexites que dans les syénites néphéliniques et les syénites quartzifères ; j'en ai indiqué des exemples nombreux dans la partie descriptive de ce livre. Il est nécessaire aussi de rappeler à ce sujet une différence minéralogique très frappante que toutes les roches alcalines de la province présentent avec celle du Massif cristallin certainement formées dans des conditions de profondeur plus grandes : le microcline en est absent, tandis que les microperthites sont extrêmement fréquentes et parfois constantes. Cette comparaison est faite, bien entendu, entre les roches dans lesquelles les proportions relatives des feldspaths potassique et sodique sont comparables.

Je ferai remarquer en outre que l'image de la structure que je suppose avoir été celle de la région d'Ampasindava avant l'érosion est probablement réalisée dans les Comores ; on verra plus loin en effet que dans le cratère de Ziani, à Pamanzi, il existe des blocs de tinguaïte et de luscladite, indiquant l'existence de roches intrusives sous la couverture volcanique actuelle.

On verra plus loin aussi qu'à la Réunion, dans le massif du Piton des Neiges, où des enclaves homoeogènes grenues avaient été rencontrées depuis longtemps au milieu des tufs basaltiques superficiels, j'ai trouvé, en place, sous forme de sills, des roches identiques comme composition et comme stucture. Ces sills, traversent les agglomérats basaltiques de la partie centrale du volcan profondément érodé ; parmi ces roches il faut signaler une syénite à ægyrine quartzifère, tout à fait identique aux syénites de la région qui nous occupe.

Enfin, à Tahiti, j'ai signalé jadis, sous une couverture épaisse de matériaux basaltiques encore, toute une série pétrographique sur laquelle je reviendrai plus loin et qui ressemble d'étrange façon à celle d'Ampasindava. Certaines roches analogues existent aussi, dans les mêmes conditions, à Kerguelen.

Dans le tableau que je donne pour terminer, je mets en regard les roches intrusives et filoniennes observées dans la province d'Ampasindava et les formes d'épanchement qui ont la même composition chimique. On constatera que, la plupart des roches grenues, toutes celles qui jouent un rôle géologique important, en particulier, ont leur équivalent dans les épanchements. J'ai dû limiter mes

efforts, au point de vue analytique, et j'ai surtout fait analyser les roches intrusives qui présentaient un plus grand intérêt minéralogique, mais je ne doute pas que si l'on multipliait les analyses de roches épanchées, on resserrerait encore les analogies que j'ai cherché à mettre en évidence. Il est à noter particulièrement que les laves des éruptions qui ont édifié toute la partie récente de Nosy Be et qui représentent le dernier acte des phénomènes volcaniques dans cette région ont une composition chimique très sensiblement semblable à celle de la berondrite si développée au Sud de la baie d'Ampasindava.

INTRUSIONS ET FILONS		ÉPANCHEMENTS
	Roches quartziques.	
Microgranite et nordmarkite.	I.4.1.3	Rhyolites.
Granite à hornblende.	I.4.2.3	
Granites à ægyrine ou riebeckite (microgranites, grorudite, fasibitikite).	$\begin{matrix} I \\ II \end{matrix} . \begin{Bmatrix} 3 \\ 4 \end{Bmatrix} . \begin{matrix} 3 \\ 4 \\ 5 \end{matrix}$	
Lindinosite.	III.3.1.2	
Roches à feldspaths alcalins sans quartz ou néphéline (ou bien un peu quartzifères ou néphélinifères).		
Syénites à pyroxène.	I.5.1.3	
Microsyénites à ægyrine (sölvsbergites).	$I.5.1.\begin{Bmatrix} 3(4) \\ 4 \end{Bmatrix}$	Trachyte à ægyrine.
Laurvikite (akérite, syénite néphélinifère).	II.5.2.4	Trachytes.
	Roches néphéliniques.	
Syénite néphélinique à hornblende.	I.6.1.3	
— à ægyrine, à hornblende (tinguaïte, aplite, microsyénite néphélinique).	I.6.1.4	Phonolites.
	II.6.2.3	Latite néphélinique.
Monzonite (et micromonzonite néphélinique).	II.6.3.3	
	II.6.2.4	Tahitite.
Essexite.	II.6.2.4	Téphritoïde.
Théralite.	$III.\begin{Bmatrix} 6 \\ 7 \end{Bmatrix}.2.4$	
Berondrite (mafraïte).	III.6.3.4	Basanitoïdes.
Ampasiménite.	II.6.3.4	
Fasinite.	$III.\begin{Bmatrix} 6 \\ 7 \end{Bmatrix}.3.4$	
	$IV\left[6.\begin{Bmatrix} 3 \\ 4 \end{Bmatrix}.4\right]^{1}_{2}.\begin{Bmatrix} 2 \\ 3 \end{Bmatrix}.2.2$	Ankaratrites.
	Roches à plagioclase sans néphéline.	
Diorite.	II.5.3.4	Labradorites.
Gabbros à hornblende, à olivine.	$\begin{matrix} II \\ III \end{matrix}.\begin{Bmatrix} 5 \\ 7 \end{Bmatrix}.3.4$	Basaltes.
Gabbro à olivine mélanocrate.	$IV[5.3.4]1.\begin{Bmatrix} 2 \\ 3 \end{Bmatrix}.2.2$	Ankaramite.

B. — *Comores.*

Géographiquement, l'archipel des Comores est en étroite connexion avec Nosy Be. Comme dans cette île, il semble n'exister que des matériaux éruptifs[1], mais toutes les roches *apparentes* sont nettement d'origine volcanique.

L'activité éruptive est aujourd'hui localisée dans la plus occidentale des îles, dans la Grande Comore qui est couverte par un noir linceul des laves *basaltiques* émises par son grand volcan, le Karthala. Cette montagne, dont le sommet se dresse à 2 400 mètres d'altitude, a vraisemblablement une structure complexe, mais sa couverture basaltique est impénétrable. Par contre, les trois autres îles, Mohéli, Anjouan et Mayotte, accompagnée du petit îlot de Pamanzi, sont des volcans en ruines dont tous les appareils ont disparu et dont les roches sont fort latéritisées, là où la luxuriante couverture forestière permet d'observer le sol.

J'ai donné à la page 141 du tome II l'énumération des roches qui ont été reconnues dans chacune de ces îles. Le nombre d'analyses que j'ai pu faire faire sur celles-ci n'est pas assez grand pour que je puisse aborder, avec fruit, l'étude particulière des caractéristiques chimiques de chacune d'entre elles, mais les roches analysées ont été choisies de façon à donner une première idée de la composition lithologique générale de l'archipel.

Les résultats concentrés dans les deux tableaux suivants ne laissent aucun doute sur la légitimité du rattachement de ces îles à la province pétrographique d'Ampasindava ; on y distingue tous les types signalés plus haut parmi les laves de celle-ci et, ainsi que je l'ai fait remarquer déjà, l'existence de blocs de *tinguaïte* et de *luscladite* dans les tufs volcaniques du cratère de Ziani (Pamanzi) permet de penser que les laves actuellement au jour cachent des intrusions plus ou moins profondes, du genre de celles des alentours de la baie d'Ampasindava. Le peu de temps que j'ai pu passer à Dzaouzi ne m'a permis d'y ramasser qu'une faible quantité d'échantillons, il serait très intéressant de recueillir dans le cratère de Ziani des collections d'enclaves grenues ; il est fort probable qu'elles permettraient de préciser les analogies que je viens d'indiquer.

1. Au moment où s'impriment ces lignes, je reçois de M. Plaideau une collection de roches d'Anjouan ; elle renferme, avec des galets de laves (que je connaissais en place dans cette île), des galets de serpentine, de granite et de gneiss. Si ces roches proviennent réellement de l'île, elles constituent un apport d'une importance capitale pour nos connaissances sur la constitution de l'Archipel des Comores qui serait édifié sur un socle de roches anciennes, mais il est prudent de faire provisoirement des réserves à leur sujet, de crainte que ces roches n'aient été recueillies sur le bord de la mer et n'aient une origine exotique.

325. *Ponce trachytique*. Cratère de Ziani. . . . . . . I(II) . 5 . (1)2 . '5.
335. *Tinguaïte* (bloc). Dzaoudzi. . . . . I(II) . 5(6) . (1)(2) . 4.
338. *Phonolitoïde*. Anjouan. . . . . II . 6 . 1 . 4.
383. *Ordanchite*. Tirini (Mayotte). . . . . I(II) . 5(6) . '2 . '4.
357. *Basalte*. Karthala. Éruption de 1918.. . . . . . III . 5' . '3 . 4. [2 . (1)2 . 2(3) . 3].
388. — Éruption de 1860. . . . . III . (5)(6) . 3 . 4. [2 . 2' . 2 . 3].
256. *Luscladite* (bloc). Cratère de Ziani. . . . . . . III . '6 . 3 . 4. [2.1.2.3.].
402. *Obsidienne basanitique*. Anjouan. . . . . III . 6' . 2(3) . 4. [(2)(3) . 1' . 2(3) . 2(3)].
407. *Ankaratrite passant à l'étindinte*. Dzoumagné (Mayotte). . . . . III(IV) . 6 . 3(4) . 3. [2 . 2 . 2 . '2].

	325	335	338	383	357	388	256	402	407
SiO^2.	59,08	56,30	55,78	56,32	48,76	46,10	45,10	41,94	42,12
Al^2O^3.	19,81	19,24	16,21	19,01	12,31	14,66	14,58	15,25	12,05
Fe^2O^3.	2,85	4,04	5,37	3,44	2,54	3,69	3,47	8,41	4,72
FeO.	3,61	1,29	2,61	2,18	10,58	9,32	9,10	6,13	7,19
MgO.	0,44	0,88	1,79	1,26	5,43	6,04	7,20	6,14	10,45
CaO.	1,62	2,10	3,08	4,26	12,32	12,00	10,96	10,78	13,94
Na^2O.	5,94	7,53	8,44	6,36	3,44	3,33	3,86	4,78	1,61
K^2O.	1,19	3,91	3,88	4,66	1,27	1,38	1,57	1,93	1,94
TiO^2.	»	0,65	1,00	1,02	3,16	2,29	2,42	2,81	3,01
P^2O^5.	0,13	0,08	0,44	0,19	0,39	0,41	0,63	0,31	0,31
H^2O +.	1,46	2,74	1,02	0,94	0,11	0,16	0,85	1,33	2,19
—.	0,17	1,42	0,49	0,72	»	0,10	0,17	0,11	0,84
	99,74[1]	100,18	100,11	100,36	100,31	99,88	99,91	100,30[2]	100,37

376. *Basalte*. Oussivo (Grande Comore). . . . . . . III . 5 . 3' . 4. ['2 . 2 . 2 . 3]
381. *Ankaramite*. Iconi (Grande Comore). . . . . . IV[5' . 4' . '4] (1)(2) . '3 . 2 . 2.
412. *Ankaratrite*. Bangui-Kouni (Grande Comore). . . 'IV[7 . 3 . '4]. (1)2 . 3 . 2 . 2.

	376	381	412
SiO^2.	47,36	45,84	42,00
Al^2O^3.	12,50	7,45	11,04
Fe^2O^3.	2,26	1,66	3,94
FeO.	10,51	9,64	7,71
MgO.	7,05	16,76	16,38
CaO.	13,24	12,64	12,50
Na^2O.	2,25	1,38	2,32
K^2O.	1,37	0,99	1,65
TiO^2.	2,87	3,00	1,83
P^2O^5.	0,44	0,42	0,53
H^2O +.	0,18	0,32	0,37
—.	0,09	0,10	0,09
	100,12	100,20	100,31

C. — *Montagne d'Ambre et Bobaomby.*

Le massif volcanique d'Ambre, couvert de puys basaltiques récents, d'où sont descendues des coulées de laves dans les vallées actuelles qui aboutissent à la mer, présente un stade évolutif intermédiaire entre l'état de la Grande Comore et celui

1. Y compris MnO 0,23 ; Cl 0,21.
2. Y compris CO^2 0,38.

des autres îles de cet archipel et du Bobaomby qui constitue l'extrême pointe de Madagascar.

L'érosion qui, sur le bord de la mer et dans quelques vallées, a entamé la carapace *basaltique* superficielle permet d'acquérir quelques notions sur la constitution probablement compliquée de ce grand massif. On peut prouver l'existence d'éruptions *rhyolitiques* et *trachytiques* ante sénoniennes (Haute vallée de la Betaitra) (t. I, p. 82). En outre, à Ampombiantombo, sur la côte Nord-Ouest, des coulées de *basalte* épanchées à la surface du Crétacé inférieur sont recouvertes par des coulées rhyolitiques et, dans le voisinage, se trouvent des dykes d'une *sölvsbergite néphélinifère*, malheureusement très altérée, semblable à celle de Nosy Kivongy. Mais la grande masse apparente des laves est constituée par des *basaltes* et des *basanitoïdes*. Ce sont encore ces mêmes roches dont l'éruption date de l'Aquitanien qui forment les coulées du Bobaomby, accompagnées de tufs, dont il ne reste plus que des débris.

Une *tinguaïte*, en filons au milieu du Cénomanien et peut-être en coulées sur celui-ci, dans l'isthme d'Andrakaka, à la jonction du Bobaomby et du massif d'Ambre, vient compléter la physionomie de cette région volcanique dont les analogies avec les régions étudiées dans les paragraphes précédents sont très manifestes, mais avec prédominance des types à facies basaltique.

Il semble que, dans le massif d'Ambre, les basaltes III. 5. $\left\{\begin{matrix}3\\4\end{matrix}\right\}$ 4 aient constitué les dernières éruptions (Antsirana, Lac Mahery) et soient par suite postérieures aux basanitoïdes.

304. *Rhyolitoïde*. Ampombiantambo. . . . . . I. 3. (1)2. 3.
234. *Tinguaïte*. Andrakaka. . . . . I'. 6. 1. '4.
355. *Basalte*. Antsirana. . . . . III. 5. 3'. 4. [2. 1. 2. (2)3].
457. *Basalte doléritique*. Route Camp d'Ambre à Andranofanjava (200m du piton des cascades). II(III.). 5. (3)4. 4. [2. 1(2). '2. 2].
458. *Basalte*. Lac Mahery. . . . . III. 5. '4. 4. [2. 2(3). 2. 2].
386. *Basanitoïde*. Befamonty (Bobaomby). . . . III. '6. 3. 4. [1(2). (2)3. 2. 2'].
385. — Rivière des Maques (Camp d'Ambre). III. 6. '3. 4. [2. 2. 2. (2)3].

	304	234	355	457	458	386	385
SiO^2	77,31	54,97	49,38	48,92	43,98	45,80	42,61
Al^2O^3	10,63	21,27	12,59	16,16	13,88	14,06	12,08
Fe^2O^3	0,91	2,25	4,97	3,72	1,32	5,16	4,12
FeO	0,68	1,02	8,09	5,14	6,23	7,95	7,48
MgO	1,21	0,33	7,34	7,66	9,93	6,96	10,60
CaO	0,76	1,65	11,62	9,64	11,56	9,25	13,36
Na^2O	3,05	8,87	2,59	2,74	2,17	4,67	2,78
K^2O	3,33	6,15	0,88	1,34	0,82	2,38	1,98
TiO^2	0,07	0,35	1,98	0,94	2,42	2,17	3,64
P^2O^5	»	0,14	0,24	0,49	0,64	0,89	0,73
H^2O +	1,80	2,44	0,31	2,11	0,49	0,55	0,54
—		0,31	0,09	1,24	1,66	0,12	0,17
	99,75	97,75	100,08	100,10	100,10	99,96	100,34[1]

1. Y compris MnO 0,25.

D. — *Bordure septentrionale et Nord du Massif cristallin.*

a. — Vallées de l'Ambavazoro et de la Loky.

La bordure septentrionale du Massif cristallin jalonnée par les vallées de l'Ambavazoro et de la basse Loky (Cf. t. I, p. 83) renferme toute une série de roches filoniennes que l'on observe aussi bien dans les sédiments du Trias-Lias que dans les schistes cristallins de la région aurifère d'Andavakoera ; ces dykes débutent dans la région des mines, mais, à partir de Betankilotra, ils deviennent plus nombreux et parfois plus épais (Antangena, lac Somely, col d'Ambararata, Ambodibonala, etc.). On en rencontre jusque dans la basse Loky (Ankijamantsina). La composition minéralogique de ces dykes est variée ; on y constate des roches qu'il est nécessaire de comparer à quelques-unes de celles de la province d'Ampasindava (*micronordmarkites, microsyénites à ægyrine*) : il faut y ajouter des roches spéciales, mais qui, magmatiquement, sont incontestablement apparentées aux précédentes, telles l'*essexite analcimique* d'Antangaina[1] et l'*essexite sodique lamprophyrique* de l'Ouest de Betankilotra. Ces roches ont des affinités néphéliniques, mais dans aucune d'entre elles je n'ai rencontré de néphéline exprimée. Il faut y ajouter de nombreux filons basiques, *labradorites* et *basaltes* ; tous les échantillons de ces dernières roches que j'ai examinés sont trop calcifiés pour qu'il ait été possible d'en faire l'analyse ; elles donnent l'impression de types à rapporter à la formule générale III.5.4.4.

Ce sont ces dykes qui ont été considérés comme liés génétiquement aux filons aurifères d'Andavakoera ; j'ai indiqué, tome II, p. 39, que cette relation me paraît incertaine et qu'en tous cas les filons aurifères sont coupés par des dykes basiques.

458[bis]	*Micronordmarkite*. Ankijomantsina.	I.(4)5.1'.4.
216.	— Betankilotra.	I.(4)5.1.(3)4.
218.	*Microsyénite à ægyrine*. Betankilotra.	I.5.1'.4.
250.	*Essexite analcimique*. Antangaina.	II.5(6).(1)2.4(5).
249.	*Essexite sodique lamprophyrique*. W. Betankilotra.	II.6.2'.5.

1. J'ai désigné (t. I, p. 83) cette roche sous le nom de *gautéite* et la suivante sous celui de *camptonite* avant d'en avoir la composition chimique.

	458bis	216	218	250	249
SiO^2.	65,12	64,26	63,20	51,58	47,10
Al^2O^3.	18,01	16,22	19,29	16,64	18,93
Fe^2O^3.	3,41	3,23	1,48	5,84	5,29
FeO.	0,55	2,72	0,38	2,67	4,71
MgO.	0,29	0,11	0,13	2,84	4,63
CaO.	0,86	2,24	0,86	4,92	7,43
Na^2O.	6,21	5,49	7,48	7,54	6,99
K^2O.	4,22	4,99	5,22	1,91	0,87
TiO^2.	0,23	0,05	0,23	1,99	2,36
P^2O^5.	»	0,04	0,07	0,84	0,64
H^2O +.	1,17	0,88	1,15	2,45	0,70
—	0,10	0,23	0,37	0,39	0,43
	100,17	100,46	99,88[1]	100,12[2]	100,08

b. — De la Loky à l'Andraronga.

La région cristalline, essentiellement forestière, qui se développe au Sud de la Loky entre la zone volcanique côtière et la Mahavavy (Cf. t. I, page 111) serait *terra ignota*, au point de vue lithologique, sans les quelques roches que M. Perrier de la Bathie y a recueillies et qu'il m'a communiquées ; une *rhyolite* seulement avait été signalée à Antanantanana, près des sources de la Loky. Il semble bien que l'arête montagneuse se dressant à l'Est de la Mahavavy et comprenant les pitons Zarandalahy, Zarandavavy, etc., renferme des *syénites* et des *trachytes*, mais je ne les ai point eues en main.

Les roches examinées et dont l'analyse est donnée ci-contre sont une *rhyolite à aegyrine* provenant du haut Andraronga, une *grorudite* (dyke) qui, à Antsiatsia, sur le Bemarivo, accompagne un *trachyte à aegyrine* et une *luscladite* [roche dont la composition est III.(5)6.3.4.], enfin une *labradorite* d'Amboangabe sur le Bemarivo. Dans tous ces gisements, et dans d'autres encore, se rencontrent des *labradorites* et des *basaltes*.

Ces données sont très insuffisantes pour préciser la composition lithologique de cette vaste région, mais la présence de roches à ægyrine et de la luscladite est symptomatique, en montrant que son rattachement lithologique à la région d'Andavakoera et à la province d'Ampasindava est tout à fait légitime.

459. *Rhyolite à ægyrine*. Haut Andraronga. . . . . I'.4.1.4.
198. *Grorudite*. Antsiatsia. . . . . I(II).4'.1.4.
460. *Labradorite*. Amboangabe sur le Bemarivo. . . . . III.5.3.5['3.1.2.3(4)].

1. Y compris Cl 0,02.
2. Y compris Cl 0,09 ; CO^2 0,32.

	459	198	460
SiO^2..	69,42	67,66	46,34
Al^2O^3.	13,19	13,53	12,69
Fe^2O^3.	4,50	5,38	6,73
FeO. .	0,97	1,22	9,13
MgO..	0,09	0,06	3,41
CaO. .	0,86	0,72	9,76
Na^2O..	5,67	6,77	4,09
K^2O. .	3,69	3,99	0,35
TiO^2..	0,61	0,58	4,58
P^2O^5..	0,06	»	0,66
H^2O + ..	0,94	0,37	1,88
— ..	0,16	»	0,41
MnO .	»	0,06	»
	100,06	100,34	100,03

c. — Haute vallées de la Mananjeby et de la Mahavavy.

Au Sud de la région d'Andavakoera, (Cf. t. I, page 108), les schistes cristallins sont traversés par des dykes, à facies diabasique, mais il ne m'est pas possible de savoir s'il faut les rapporter à une série ancienne ou à une plus récente.

Dans la haute vallée de la Mananjeby, je ne connais que des galets d'*andésite augitique*, de *labradorite* et de *basalte doléritique* (Sakazera et Belomotra) qui n'ont pas été analysées. Il en est de même pour la vallée de la Mahavavy, où des *syénites à hornblende*, des *camptonites* et des *basaltes* ont été indiqués au Sud du Manambato ; je n'ai qu'une seule analyse de cette région, celle d'une *limburgite* à énormes cristaux de hornblende d'Antsahavony sur le Manambato qui permet de la rattacher à la même série pétrographique que les laves du Tsaratanana.

Toutes les crêtes gneissiques de ce massif culminant de l'île sont surmontées de coulées ou de dômes de *trachyte phonolitique*, alors que sur les flancs de la montagne, et particulièrement sur le versant du Sambirano, abondent des dykes de *basanitoïdes*. L'analyse de trois de ces roches est donnée ci-contre.

328. *Trachyte phonolitique*. Région Sud-Ouest du Tsaratanana. I'. 5 . 2 . '4.
392. *Basanitoïde*. Base du Tsaratanana. . . . . III . 6 . 3(4) . 4 [2 . 2 . 3 . 2(3)].
461. *Limburgite à hornblende*. Antsahavony sur le Manambato. III. 6. (3)4 . 4 [2. 2. 2. 2.]

	328	392	461
SiO^2..	59,16	42,49	41,22
Al^2O^3.	19,16	14,23	13,66
Fe^2O^3.	1,70	3,51	3,74
FeO. .	3,04	8,20	6,98
MgO..	0,61	7,69	9,46
CaO. .	2,83	12,42	14,74
Na^2O .	5,56	2,63	2,25
K^2O. .	5,20	1,21	1,17
TiO^2..	0,92	3,31	2,48
P^2O^5..	0,23	0,44	0,47
H^2O + ..	1,44	3,40	1,61
— ..	0,26	0,40	1,24
	99,75	99,93	100,13[1]

1. Y compris CO^2 1,11.

d. — Ankaizina.

Plus complexe est la constitution des crêtes qui forment, vers l'Est et le Sud, la limite du haut Sambirano et du Maevarano et aussi la cuvette de l'Ankaizina (Cf. t. I, page 110). J'ai surtout étudié les roches de la région d'Ampanompia et du massif de l'Ambondro, situé au Sud-Ouest; toutes sont sodiques. J'y ai rencontré des coulées d'un *trachyte* passant aux *rhyolitoïdes* et des intrusions de *microsyénites quartziques à amphibole* (Maroamalona)[1]. Entre Anadabo et Antombomay, elles sont accompagnées par des roches d'un noir grisâtre, offrant la plus grande analogie chimique avec la *doréite* du Mont-Dore : ce sont elles qu'avant l'analyse, j'ai appelé mugéarite (T. I, p. 110). Des *trachytes phonolitiques* constituent les roches principales du massif de l'Ambondro; l'échantillon analysé en **464** provient du flanc Sud-Est de ce massif (Bemaintikely) : il en existe de semblables au mont Marovato au Sud-Ouest de Manarenja sur le Sandrakoto : ils renferment seulement des phénocristaux de hornblende en partie résorbés.

Quant aux roches à facies basaltique, ce sont ou bien des *labradorites* dépourvues de silice virtuelle ou bien des *basaltes* oscillant vers des *basanitoïdes* ou même des *basanitoïdes* francs; ces roches sont souvent très mélanocrates; le basalte **379** d'Ambodivohitra (S.-W. Bealanana) doit être considéré comme la forme d'épanchement des luscladites.

Je ne connais malheureusement pas l'ordre de succession de ces différentes laves; je sais seulement que les dernières éruptions de l'Ambondro ont été constituées par des basanitoïdes: l'échantillon du Sandrakotohely dont l'analyse est donnée ci-contre a été recueilli dans une coulée scoriacée, tout à fait récente[2], qui s'est épanchée dans la vallée actuelle de cette rivière tombant par places en cascades du haut de belles colonnades, là où la carapace scoriacée superficielle a été érodée.

316.	*Trachyte (rhyolitoïde)*. Ampanompia. . .	I . 4(5) . 1(2) . (3)4.
462.	*Microsyénite quartzique à ægyrine et amphibole.* Maroamalona..	I′ . 4(5) . 1 . 4.
463.	*Trachyte phonolitique*[3]. Bemaintikely. . .	I′ . 5 . 1(2) . ′4.
464.	*Doréite*. Entre Anadabo et Antombomay. .	II . 5 . 2 . (3)4.
349.	*Labradorite*. Entre Antolongo et Mangindrano.	I′ . 5 . 1(2) . ′4. II′ . 5 . (3)4 . 4.
379.	*Basalte*. Ambodivohitra. S. W. Bealanana.	III . 5(6) . 4 . 4 [2 . 2(3) . 2 . 2(3)].
465.	— Ampanompia.	III(IV) . 5′ . (3)(4) . ′4. [′2 . 2 . 2′ . 2′].
466.	*Basanitoïde*. Sandrakotohely.	III . 6 . 3 . 4. [2 . 2 . 2′ . 2].

1. Cette roche n'a pas été décrite dans le tome II : ses feldspaths sont aplatis, elle renferme un peu d'ægyrine et d'une amphibole du groupe de la lanéite.

2. M. Perrier de la Bathie me signale des puys basaltiques au Sud et au Nord du mont Analorano, près de Bealanana, qui sont aussi bien conservés que celui du Iavoko; celui de Marovato egueulé vers l'Est, direction de coulées qui se sont épanchées dans les lobes d'érosion récente de la plaine : ces volcans sont parmi les plus récents de la colonie. Les coulées basaltiques du plateau de Mrangaka, au Nord-Est de Bealanana, leur sont antérieures.

3. Cette roche, montrant au microscope des silhouettes de feldspathoïdes, est altérée à la façon des

	316	462	463	464	349	379	465	466
SiO^2	66,00	66,74	58,82	55,80	46,96	42,54	43,76	43,88
Al^2O^3	17,14	14,77	18,62	17,43	17,75	14,37	11,11	14,56
Fe^2O^3	2,55	3,94	3,73	2,50	3,11	3,13	2,79	3,69
FeO	1,05	1,67	2,23	4,98	6,05	9,07	8,29	8,03
MgO	»	0,18	0,21	1,72	3,81	9,12	9,72	7,52
CaO	1,02	0,52	1,18	5,50	10,32	12,42	13,84	12,04
Na^2O	5,61	6,21	6,32	4,64	2,83	2,06	1,71	3,02
K^2O	5,38	4,05	4,59	4,08	1,41	1,06	1,26	1,92
TiO^2	0,72	0,16	0,12	1,37	4,03	3,31	3,46	3,84
P^2O^5	0,09	0,06	0,09	0,53	0,91	0,50	0,61	0,59
H^2O + ...	0,30	1,27	3,11	1,34	2,89	2,15	3,03	0,81
—	0,26	0,71	1,21	0,21	»	0,34	0,58	0,27
	100,12	100,28	100,23	100,18	100,07	100,21[1]	100,16	100,17

Il est important de signaler l'existence dans le Sandrakoto, notamment près de son confluent avec le Sandrakotohely, de blocs roulés d'*essexite*, de *berondrite* et de *luscladite* provenant de gisements non reconnus en place jusqu'ici. Ces roches sont à rechercher au milieu des gneiss, elles possèdent exactement la même composition que les types similaires de la province d'Ampasindava.

e. — Massif de l'Amparihy.

A 80 kilomètres au Sud-Est de Bealanana, près de l'Amparihy, affluent de gauche du Manampatra (Cf. t. I, page 111), se trouvent de petits dômes fort remarquables de roches volcaniques. Ce centre volcanique est caractérisé par des extrusions de *phonolites*, de *tahitites*, et même de *syénites à feldspathoïdes*, se dressant sur un plateau gneissique latéritisé. Toutes ces roches sont très sodiques, mais en même temps notablement potassiques, elles sont remarquables par l'abondance des minéraux du groupe haüyne-noséane dans plusieurs d'entre elles et notamment dans les syénites ; à la noséane près, ces phonolites sont identiques à celles de la province d'Ampasindava ; à Ankitsika se trouve une tahitite comparable à celle de l'Amparihy.

Il existe aussi des *basaltes* dont il eût été intéressant de fixer la composition. Les échantillons que j'ai en mains sont malheureusement tellement calcifiés que je n'ai pu les faire analyser.

Il en est de même pour les échantillons de *basaltes* de la haute Sofia que j'ai étudiés, à l'exception d'un seul provenant de Makobo, en aval d'Antsa-

trachytes phonolitiques du Vontovorona ; elle renferme un peu de silice et d'alumine libres, et sa teneur en soude a été amoindrie ; les paramètres donnés ci-contre ne représentent donc pas exactement sa composition initiale.

1. Y compris CO^2 0,14.

kabary, dont l'analyse est donnée en **361** et dont la composition exceptionnelle a été discutée page 42; par sa richesse en hypersthène, cette lave, dépourvue de feldspath, diffère complètement des roches précédentes.

337 *Phonolite.* Ambohimirahavavy. . . . . . I'.6.1.4.
336. — *à haüyne.* Ambohibory. . . . . I'.6.1.4.
238. *Syénite à noséane.* Entre Amparihy et Belalona. I(II).6.1'.'4.
342. *Tahitite.* — . II.6'.(1)2.4.
361. *Basalte hypersthénique.* S. Makobo. . . . III(IV).5.3'.4[(1)2.1.2.2'].

	337	336	238	342	361
SiO^2	59,51	57,60	54,50	49,90	49,72
Al^2O^3	20,40	20,20	21,10	18,40	9,84
Fe^2O^3	1,50	1,61	2,08	2,99	2,41
FeO	1,35	1,12	2,22	3,58	8,87
MgO	0,77	0,80	1,37	3,34	9,83
CaO	0,77	1,61	3,74	6,35	10,28
Na^2O	9,42	9,42	8,15	6,69	2,01
K^2O	4,90	4,90	5,59	4,39	0,88
TiO^2	0,31	0,20	1,06	1,67	2,69
P^2O^5	»	0,10	0,05	0,08	0,11
H^2O +	1,40	2,00	0,45	2,40	3,09
—					0,34
Cl	»	»	»	0,04	»
SO^3	»	0,13	0,18	»	»
	100,33	99,69	100,49	99,83	100,07

E. — *Centre du massif cristallin.*

a — Ankaratra.

Au point de vue lithologique, le grand massif de l'Ankaratra se rapproche par certains caractères du type de la province d'Ampasindava, mais il présente des particularités qui lui sont propres.

Les roches à silice libre abondante n'en sont pas absentes, mais leurs gisements sont peu nombreux, je n'en connais que deux en place, ce sont les *rhyolites* d'Ampizarakisoa et de la Sahatsiho, au Nord d'Antsirabe; elles ont presque autant de potasse que de soude. Par contre, une série de roches *trachytiques* alcalines très spéciales, à soude prédominant sur la potasse et présentant un caractère général phonolitique, joue un rôle important dans le Sud du massif; elle oscille entre un terme extrême très voisin des comendites et des paisanites (*trachyte quartzifère riebeckitique* de Marovitsika) et des roches qui sont presque des *phonolites*, mais dans lesquelles la proportion de la néphéline n'est jamais considérable; ce dernier type est comparable, tout au moins au point de vue chimique, au trachyte du Kitia dans l'Itasy.

Il me faut encore citer quelques types de *trachytes calco-alcalins* (Ambohivorona, Antanifotsy et Amby), renfermant parfois un peu de silice libre virtuelle.

300.	*Rhyolitoïde sphérolitique.* Alluvions d'Antsirabe. .	I . 4 . 1 . 3(4).
307.	*Rhyolite.* Ampizarakisoa.	I . (3)4 . '2 . 3'.
309.	— Sahatsiho.	I . 4 . '2 . 3'.
315.	*Trachyte quartzifère riebeckitique.* Marovitsika . .	I . 4' . 1 . (3)4.
321.	— *néphélinifère.* Iharandramosa.	I . 5 . 1(2) . '4.
322.	— — Tsiafakafokely.	I' . 5' . 1 . 4.
320.	— — Bongatsara.	(I)II . 5' . 1 . (3)4.
317.	— — Vontovorona	I(II) . 5 . 1(2) . 3(4).
327.	— *à biotite.* Ambohivorona.	I . (4)5 . '2 . 4'.
326.	— *à hornblende.* Antanifotsy.	I(II) . 5 . 2 . 4.
330.	— Amby.	'II . 5 . 2 . (3)(4).

	307	300	309	315	321	322	320	317	327	326	330
SiO^2. . .	71,45	73,02	68,34	68,28	60,95	60,81	59,49	61,49	63,08	58,39	58,22
Al^2O^3. . .	12,97	12,98	16,91	17,08	19,50	18,73	17,17	17,57	19,22	18,11	16,72
Fe^2O^3. . .	1,98	2,58	1,89	1,58	1,85	2,60	2,27	2,76	1,99	2,55	2,66
FeO. . .	0,53	0,59	0,25	1,03	1,19	2,37	3,33	3,16	0,73	2,65	4,72
MgO. . .	0,44	»	0,44	0,14	0,15	0,42	1,12	0,05	0,36	1,11	1,04
CaO. . .	1,51	1,02	1,71	0,26	1,88	1,52	2,62	2,00	2,09	3,90	3,06
Na^2O. . .	3,81	4,47	4,65	5,68	7,17	7,76	6,48	5,80	5,76	6,24	5,11
K^2O. . .	3,53	4,75	5,01	4,62	5,20	4,69	5,26	5,50	4,26	3,74	4,59
TiO^2. . .	0,47	»	0,56	0,23	0,42	0,15	0,59	0,28	0,94	1,18	0,86
P^2O^5. . .	0,29	0,06	0,17	0,10	0,08	0,11	0,38	0,08	0,42	0,30	0,06
H^2O +. .	1,74	0,59	0,06	0,72	1,07	0,31	0,37	0,40	0,64	0,94	1,52
—. .	0,89	0,27	»	0,41	0,16	0,16	0,57	0,66	0,58	0,57	0,94
	99,61	100,33	99,99	100,13	99,80[1]	93,63	99,65	99,80[2]	100,07	99,68	100,04[3]

Beaucoup plus nombreuses sont les roches calco-alcalines à plagioclases. Des *andésites à biotite,* ou *hornblende,* de couleur claire, ne sont connues qu'à l'état de blocs dans les alluvions d'Antsirabe, mais innombrables sont les gisements de roches noires, à facies basaltique (*andésites, labradorites augitiques* et véritables *basaltes*). Les types riches en feldspath abondent; ils sont plus souvent andésitiques que labradoriques, ils sont péridotiques ou non.

La profonde érosion du massif permet de constater dans les coulées des exemples de grandes variations de structure dues à des conditions variées de refroidissement, les types ophitiques en particulier ne sont pas rares dans tous les termes chimiques de cette série.

J'ai décrit, tome II page 420, parmi les roches du Massif cristallin, sous le nom de *troctolite à facies diabasique,* une roche qui, aux environs de Behengy sur la

1. Y compris Cl 0,55 ; SO^3 0,03.
2. Y compris Cl 0,04 ; SO^3 0,01. Na^2O est trop faible par suite de l'altération de la néphéline.
3. Y compris CO^2 0,54.

lisière orientale de l'Ankaratra, forme des filons dans le gneiss, peut-être doit-elle être considérée non comme une roche ancienne, mais comme faisant partie de cette série récente : elle constituerait dans ce cas des dykes volcaniques profonds, mis à nu par l'érosion.

345.	*Andésite à hornblende*. Antsirabe. . . .	II.'5.(2)3.(3)4.	
344.	— *à biotite*. Antsirabe.	II.5.2'.4.	
348.	*Andésite augitique*. Taniankatsaka. . . .	II.5.2(3).4.	
347.	— Soanindrarina. . . .	II(III).5.3.4.	[2.'3.2.2].
346.	— Inanobe.	II(III).5.3'.4.	[2(3).2(3).'2.3].
351.	*Labradorite*. Sud Ambohibalo.	II.5.3.4.	
352.	— Ambodinampahitra. . . .	II.5.3.4.	
358.	*Basalte*. Ouest Tritriva.	III.5.3'.4.	[2.2(3).(1)2.(1)2].
373.	*Basalte à feldspaths*. Antanifotsy. . . .	III.5.4.4.	[2.2.2.2].
378.	*Basalte très péridotique*. Katsaoka. . . .	III.5(6).(3)4.4.	[2.2(3).2.2(3)].

	345	344	348	347	346	351	352	358	373	378
SiO^2. . .	57,64	54,98	51,38	47,22	46,38	48,76	46,62	47,81	43,09	43,39
Al^2O^3. . .	18,59	16,12	16,07	15,21	16,49	19,57	19,02	13,94	16,46	13,86
Fe^2O^3. . .	4,83	3,41	3,93	3,99	3,29	4,23	5,36	3,26	4,59	2,71
FeO. . .	0,77	4,57	6,19	6,55	8,83	4,69	5,12	8,35	6,18	9,54
MgO. . .	0,71	1,99	4,98	7,37	5,39	3,06	3,66	9,52	8,34	9,82
CaO. . .	5,42	7,68	6,34	8,49	8,97	7,70	8,68	8,73	12,87	11,98
Na^2O. . .	4,59	4,57	4,60	3,29	2,81	3,95	3,78	2,97	1,36	2,23
K^2O. . .	3,79	2,99	2,20	2,18	2,01	2,69	2,08	0,87	0,82	1,14
TiO^2. . .	1,76	1,87	2,83	2,60	3,77	2,36	2,70	2,07	3,31	3,42
P^2O^5. . .	0,39	0,28	0,78	0,41	0,75	0,15	0,22	0,67	0,39	0,58
H^2O +. .	1,05	1,32	0,69	1,88	0,80	1,75	1,55	2,16	1,47	1,55
—. .	0,76	0,23	0,22	0,56	0,33	0,78	0,85		1,04	0,20
	100,30	100,01	100,21	99,75	99,82	99,69	99,64	100,60[1]	99,92	100,42

Plus localisées sont les laves de la famille des *basanites*. Des *basanites* proprement dites se rencontrent entre le Tsiafakafo et le Tsiafakafokely ; des variétés doléritiques forment le bord d'un filon de *lusoladite* à Fiakarantsoa et un grand épanchement au mont Ambohitsampana.

Plus répandues sont les *basanitoïdes* qui paraissent constituer toutes les coulées, à cheires conservées, partant des puys de l'extrémité méridionale du massif dans la région de Betafo (Iavoko, etc.).

Enfin, il me reste à signaler les *ankaratrites néphéliniques*, avec ou sans mélilite, dont le Tsiafajavona m'a fourni le type et qui constituent de grandes coulées superficielles dans cette montagne et dans toute la partie septentrionale du massif ; comme elles y forment la dernière lave épanchée, elles couvrent une surface

1. Y compris MnO 0,25.

très considérable de telle sorte que leur rôle géologique apparaît comme plus important qu'il ne l'est en réalité.

389. *Basanitoïde.* Vinaninkarena.	III . 6 . 3 . 4.	[2 . 2(3) . 3 . 2'].
393. — Iavoko	III . 6 3' . 4.	[2' . '2 . 2 . (2)3].
385. *Basanite.* Entre le Tsiafakafo et le Tsiafakafokely.	III(IV) . 6(7) . 3 . '4.	[2 . 2 . 2 . 3].
257. *Luscladite.* Fiakarantsoa.	III(IV) . 7 . 3 . 4'.	[2 . '2 . 2' . '3].
411. *Ankaratrite néphélinique et mélilitique.* Laona.	'IV[7 . 3 . 4].	'2 . 3 . 2 . 2.
408. — — Tsiafajavona. . .	'IV[7 . 3 . 4].	'2 . 3 . 2 . 2.

	389	393	385	257	411	408
SiO^2.	45,32	40,02	42,61	41,20	39,02	38,74
Al^2O^3.	14,35	14,74	12,08	12,11	11,05	11,30
Fe^2O^3.	4,51	4,47	4,12	5,00	3,52	4,28
FeO.	8,19	8,18	7,48	11,01	6,65	7,71
MgO.	9,25	7,34	10,60	8,68	14,33	11,97
CaO.	11,31	12,64	13,36	13,70	15,30	14,43
Na^2O.	3,32	2,72	2,78	3,19	2,24	3,02
K^2O.	2,06	1,81	1,98	0,87	1,38	1,92
TiO^2.	1,54	4,97	3,64	3,68	3,31	3,30
P^2O^5.	0,91	0,71	0,73	0,31	1,23	1,77
H^2O +. . . .	0,51	1,91	0,54	0,35	1,75	1,28
—. . . .		0,56	0,17	0,09	0,36	0,60
	101,32[1]	100,11[2]	100,34[3]	100,19	100,14	100,32

Les observations manquent pour permettre de préciser, avec toute la rigueur désirable, l'ordre dans lequel toutes ces roches se sont épanchées, on peut être seulement affirmatif sur le début et sur la fin des phénomènes.

Les premières éruptions, dont l'âge ne peut être daté en l'absence de sédiments et de fossiles dans les tufs, ont produit un véritable déluge de laves à facies basaltique (*andésites et labradorites augitiques, basaltes*) ; la surface qu'elles ont couverte est supérieure à celle occupée par les éruptions postérieures.

Les épanchements se sont terminés dans les parties centrale et septentrionale du massif, par l'émission des larges coulées d'*ankaratrites* dont il vient d'être question et qui, sur la carte de la page 119 du tome I, forment les langues qui divergent du Tsiafajavona.

Dans la partie méridionale du massif, ce sont les *basanitoïdes* qui ont été épanchées les dernières ; elles sont postérieures aux ankaratrites, du moins pour la plupart, car leurs puys et leurs cheires qui s'observent dans les vallées actuelles sont d'une fraîcheur parfaite et ne peuvent pas remonter au delà du pléistocène ; elles sont même probablement plus récentes encore (Cf. t. I, p. 75).

1. Y compris MnO 0,05.
2. Y compris MnO 0,04.
3. Y compris MnO 0,25.

L'éruption des roches de couleur claire, *rhyolites, trachytes, andésites non augitiques* a eu lieu entre ces deux venues basiques, mais des observations sont nécessaires pour préciser leur ordre relatif et leurs relations chronologiques avec les roches basaltiques.

D'une façon générale, on voit que la succession qui vient d'être indiquée est la même que celle qui va être établie pour les volcans de l'Itasy; l'identité du degré de fraîcheur des appareils récents dans les deux massifs fait penser qu'ils sont contemporains ; il est fort possible que la même conclusion doive être étendue à l'âge relatif des dômes trachytiques de ces deux centres, mais c'est là une hypothèse qui, aujourd'hui, ne peut pas être appuyée sur des preuves certaines.

b. — Itasy et Valalafotsy.

Itasy. — Le massif de l'Itasy renferme trois types de laves : des *trachytes*, des *ordanchites* et des *basanitoïdes*. Les premiers constituent des dômes et exceptionnellement une coulée (Andranonatoa), les deux autres, des puys accompagnés de coulées ; au point de vue lithologique, ces laves constituent une série remarquablement homogène, dans laquelle la soude est toujours au moins égale et généralement supérieure à la potasse.

Ces trachytes sont alcalins ou calco-alcalins, mais, dans tous les cas, ils ont une tendance *phonolitique*, surtout accentuée dans le type alcalin réalisé au Kitia.

Les *ordanchites*, riches en haüyne, représentent un facies un peu plus basique que les ordanchites typiques du Mont-Dore ; elle ont un facies basaltique.

Quant à la série plus basique, elle possède la composition chimique des *basanites* mais dans aucune des roches que j'ai étudiées, il n'existe de néphéline exprimée, ce sont donc des *basanitoïdes* typiques, dans lesquelles parfois le feldspath lui-même n'est pas exprimé (*limburgites*). Une autre caractéristique de ces roches est leur teneur très élevée en minéraux colorés et notamment en augite titanitère et en titanomagnétite (conséquence d'une haute teneur en titane); beaucoup d'entre elles constituent des passages à des roches tout à fait mélanocrates, voisines des *ankaratrites*.

Au point de vue chimique, le tableau d'analyses donné ci-contre permet de constater qu'à l'inverse de ce qui s'observe le plus habituellement dans les séries de ce genre, la potasse, de beaucoup inférieure à la soude dans les termes les plus siliceux, devient presque égale ou même égale à la soude dans les basanitoïdes ; c'est là leur caractéristique dans l'Itasy, elle les distingue, en particulier, de celles du massif voisin de l'Ankaratra et les rapproche de certaines des laves basiques du lac Kivu, dans l'Afrique orientale dont il sera question plus loin. Il ne serait

pas étonnant si, comme dans ce centre volcanique, l'on y découvrait un jour des laves leucitiques.

Valalafotsy. — Cette particularité est intéressante à souligner à un autre point de vue ; un peu au Nord de l'Itasy, en effet, dans le Valalafotsy, se trouvent aux environs de Fenoarivo des lambeaux de coulées volcaniques constituées par une *ankaratrite* dont l'analyse est donné en **406**. Dans cette lave, la soude prédomine de beaucoup sur la potasse : bien qu'il soit peu prudent de tirer des conclusions très générales de l'examen d'un seul échantillon, l'on peut penser que ce fait serait plutôt en faveur d'une indépendance des deux centres volcaniques, qu'au premier abord, j'avais été tenté de considérer comme formant une unité. La question demanderait à être étudiée de plus près.

323.	*Trachyte néphélinifère.* Kitia.	I . 5(6) . 1 . 4.	
329.	— *phonolitique.* Andranonatoa . .	I(II) . 5' . 2 . (3)4.	
384.	*Ordanchite.* Ambasy	II . 5' . 2 . 4.	
382.	— Kasige.	II(III) . 6. 2 . 4.	
390.	*Basanitoïde.* Antsahondra.	III . 6 . (2)3 . '4.	[(2)3 . 1 . 2' . 3].
396.	— Nord Mazy.	III . '6 . 3 . 3(4).	[2' . '2 . 2 . (2)3].
394.	— Ouest Ankidona.	III' . 6 . '3 . 3(4).	[2' . (1)2 . 2 . 2'].
398.	*Limburgite.* Andranonatoa	III' . 6 . 3 . '4.	[2(3) . 1' . 2' . 2'].
395.	*Basanitoïde.* Ambohimahalala. . . .	III(IV) . 6' . 2 . 3(4).	[2(3) . 1 . 2(3) . 2'].
406.	*Ankaratrite.* Fenoarivo.	'IV . [7 . 3 . 4].	2 . 2 . 2(3) . 2.

	323	329	384	382	390	396	394	398	395	406
SiO^2. . .	60,30	56,90	55,11	47,31	43,40	40,92	42,12	41,12	41,00	36,34
Al^2O^3. . .	20,62	19,24	13,38	16,27	15,29	11,85	12,24	11,65	10,41	10,49
Fe^2O^3. . .	1,53	3,57	4,45	5,82	6,15	5,72	5,71	7,29	11,42	6,52
FeO. . .	0,51	0,78	2,65	4,89	7,11	8,89	7,83	7,16	7,44	8,39
MgO. . .	0,19	0,84	2,37	3,51	4,95	8,12	8,43	7,78	8,07	9,32
CaO. . .	1,49	4,71	5,05	9,58	11,23	12,23	11,97	12,07	11,66	14,54
Na^2O. . .	8,06	5,98	6,01	4,89	3,74	2,18	2,59	2,56	2,86	2,39
K^2O. . .	5,64	4,99	3,79	3,34	2,78	2,18	2,56	2,14	2,57	0,96
TiO^2. . .	0,25	1,40	1,58	2,83	3,90	5,43	4,95	6,38	3,76	4,57
P^2O^5. . .	0,08	0,25	0,12	1,01	1,14	0,98	0,80	0,92	0,20	0,54
H^2O+. . .	0,31	0,57	0,70	0,20	0,09	0,75	0,51	0,70	0,41	5,32
—. . .	0,12	0,15		0,12		0,20	0,25	0,38		0,63
MnO. . .	0,20	0,20	»	0,43	»	0,25	0,15	»	»	0,05
	99,79 [1]	99,58	100,21	100,20	99,78	99,70	100,11	100,15	99,80	100,20 [2]

Les puys des ordanchites et des basanitoïdes sont remarquablement frais ; leurs cheires ont coulé dans les vallées actuelles et parfois les ont barrées (Mazy) ; leur âge est donc tout à fait récent, mais il existe une venue plus ancienne des mêmes roches ; tel est le cas de la colonnade en ruines d'Antsahondra et du piton de limburgite d'Andranonatoa, contre lequel a buté la coulée trachytique. Quant aux tra-

1. Y compris Cl 0,31 ; SO^3 0,18.
2. Y compris CO^2 0,14.

chytes, leur éruption s'intercale entre ces deux venues de basanitoïdes : de petits puys de ces derniers sont adossés à certains dômes trachytiques comme celui du Nid de la Poule est accolé au Puy de Dôme.

II · — LES CENTRES VOLCANIQUES LITHOLOGIQUEMENT DIFFÉRENTS DE LA PROVINCE D'AMPASINDANA

A. — *Région du Nord-Ouest de l'île, au Sud de la province pétrographique d'Ampasindava. Régions de l'Ouest et du Sud-Ouest.*

Dans le tome I, j'ai énuméré les nombreux centres volcaniques de ces vastes régions en suivant un ordre géographique permettant de les repérer facilement sur la carte ; je ne reviendrai pas sur cette distribution dans l'espace et je les considérerai ici dans un ordre géologique, je veux dire dans un ordre tenant compte des formations sédimentaires au milieu desquelles elles se trouvent. J'examinerai tout d'abord les centres qui se rencontrent dans la série gréseuse du Trias-Lias et dans les assises jurassiques et d'autre part ceux qui s'observent dans le Crétacé. A la vérité, cette distinction ne correspond pas nécessairement à des âges différents ; il est possible, au moins pour quelques-uns des gisements du Crétacé, d'affirmer que les éruptions ont été comprises entre le Cénomanien et le Sénonien. Pour les centres situés au milieu du Jurassique et du Trias, puisqu'il n'existe pas d'assises plus récentes, il faut se contenter de dire que les épanchements sont postérieurs à ces terrains. On va voir cependant que ce mode de classification n'est pas sans intérêt, car il correspond souvent à des particularités lithologiques méritant d'être mises en relief.

a. — Centres éruptifs situés dans les formations triasiques et jurassiques.

α. — **Dépression triasique. — Causses de l'Ikavo et Ankara.** — Dans la dépression gréseuse triasique qui borde le Bongolava, entre la Betsiboka et Miandrivazo, abondent des dykes de roches noires, à facies diabasique ou basaltique, parallèles aux cassures limitant le Massif cristallin (tome I, p. 499). Ces dykes ont-ils eu une existence propre, ou bien représentent-ils des cheminées d'épanchement dont les produits ont disparu par suite de l'érosion qui a creusé si profondément cette dépression ou bien ont échappé jusqu'ici à l'observation? C'est là une question à laquelle des recherches ultérieures sur le terrain permettront sans doute de répondre.

On ne peut qu'être frappé de l'analogie lithologique que possèdent les roches de ces filons avec beaucoup de celles des dykes de la forêt de l'Est ; ils présentent cependant avec ceux-ci des différences ; je n'y ai pas rencontré de types quartzifères, l'hypersthène est rare, l'olivine abondante ; ils paraissent souvent être plutôt doléritiques que diabasiques et ils donnent l'impression de roches consolidées plus près de la surface.

Ils présentent aussi une certaine analogie structurale et minéralogique avec les dykes qui, non loin d'eux, mais dans la région cristalline, sont si abondants aux environs de Miandrivazo. Ils s'en distinguent cependant parce que ceux-ci sont plus souvent franchement ophitiques qu'intersertaux, ils évoluent vers des gabbros ; leurs variétés à olivine renferment autour de leur péridot des couronnes pyroxéniques et amphiboliques qui manquent toujours dans les types post-triasiques ; enfin, ils sont déformés mécaniquement et passent à des schistes cristallins, ce qui n'est jamais le cas pour les roches de la région gréseuse.

En définitive, les roches de ces deux régions (sédimentaire ou cristalline) sont chimiquement apparentées, mais certainement d'âge très différent et cela encore est très intéressant à souligner, car, dans la forêt de l'Est, comme je l'ai dit à plusieurs reprises, et comme je le dirai encore plus loin, on rencontre souvent non loin les uns des autres, des filons de roches présentant ces transformations, à côté d'autres qui ne les montrent pas et qui sont d'une extrême fraîcheur.

Dans les causses jurassiques d'Ikavo et sur le plateau d'Ankara, il existe (Cf. t. I, p. 102) quelques pointements basaltiques et des dykes à structure ophitique ou même grenue (gabbros)[1]. Au point de vue lithologique, il faut comparer les types laviques aux quelques basaltes qui se dressent plus à l'Est sur les schistes cristallins et dont les pics Namakia et Antongondrahoja sont des exemples très caractérisés.

Les roches de la dépression triasique que j'ai entre les mains sont soit trop décomposées, soit trop zéolitisées, comme celles d'Ambatomainty par exemple, pour qu'il ait été possible de les faire analyser. Il me semble, d'après leur composition minéralogique, que leur composition chimique doive osciller entre les deux types dont l'analyse est donnée ci-dessous, la *sakalavite* passant au *basalte* de Namakia et le *basalte doléritique* mélanocrate d'Antetezambato.

1. Au cours de cette impression M. Perrier de la Bathie me communique une série de roches recueillies au mont Kasoa, point culminant du plateau d'Ankara (660 mètres); un pointement de *gabbro à olivine* à structure ophitique, localement intersertale, domine de 150 mètres la partie calcaire du plateau : un dyke du soubassement possède la même structure, mais à grain fin (passage à basalte doléritique); ces roches sont très latéritisées. L'éperon Nord de la montagne s'allonge en un dyke de 2 kilomètres de longueur. Un autre gisement analogue se trouve à l'Antsikara, à une dizaine de kilomètres à l'Est du Kasoa.

467. *Sakalavite-basalte*. Pic Namakia[1]. . . . III.(4)(5).3'.4(5) ['3.1.2.3].
284. *Basalte doléritique*. Antetezambato. . . III(IV).5.3(4).4' [2.1(2) 2.3].

	467	284
SiO^2	46,36	46,36
Al^2O^3	12,19	9,77
Fe^2O^3	5,37	4,37
FeO	9,42	10,88
MgO	4,46	11,23
CaO	9,44	9,58
Na^2O	2,61	1,93
K^2O	0,68	0,59
TiO^2	5,62	3,22
P^2O^5	0,34	0,43
H^2O +	3,48	1,49
—	0,35	0,31
	100,32	100,16

β. — **Entre l'Andranomavo et le Ranobe.** — La vaste région comprise entre l'Andranomavo et le Ranobe (Cf. t. I, p. 102) possède une constitution lithologique plus compliquée et par suite plus intéressante que celle de la région précédente.

On y distingue tout d'abord deux massifs importants, celui de l'Ambohitrosy, constitué par des *granites* et des *syénites à aegyrine et lanéite* et par des *gabbros*, avec de nombreuses roches microlitiques filoniennes (*shoshonites*, *basaltes*, *microgranites*) qui les traversent aussi bien que les sédiments voisins ; ceux-ci sont constitués par des grès infra-liasiques ou liasiques et, en certains points, par les calcaires du Lias supérieur; cela fixe l'âge minimum de l'intrusion. Un petit massif de *gabbro granulitique* se trouve à l'Est de l'Ambohitrosy, c'est celui de la Bebakoly dont je possède des échantillons, mais sur lequel je n'ai pas de précisions géologiques.

Au Sud du Manambao, se trouve le second massif intrusif important, celui du Fonjay ; c'est un laccolite de *gabbro*, présentant, comme forme de différenciation, une *allivalite* ; il est traversé par des filons à facies basaltique et M. J. Giraud y a observé [**195**] un filonnet de granite alcalin ; cette observation est importante, car elle rend vraisemblable[2] le même ordre de relations entre les gabbros et le granite du massif voisin de l'Ambohitrosy. Là encore, dans le voisinage, se rencontrent de très nombreux dykes de *microgranites*, des dykes et des épanchements de *rhyolites* (*rhyolitoïdes*), de *labradorites* et de *basaltes*.

A l'extrémité septentrionale du Bemaraha, entre le Manambao et Bepia

1. Ce basalte dépourvu d'olivine possède des phénocristaux de labrador et d'augite (ces derniers curieusement tordus) disséminés dans une pâte d'augite microgrenue et de magnétite, avec fort peu de plagioclase.

2. Dans son mémoire M. Giraud donne en effet sur celui-ci des indications contradictoires, mais il m'a verbalement confirmé l'opinion de la postériorité du granite par rapport au gabbro.

(Cf. t. I, p. 105), à la limite du Jurassique et du Trias, se rencontrent de très nombreux gisements éruptifs ; c'est ainsi qu'au Sud-Ouest du Fonjay, il faut signaler le massif intrusif de *microgranite* du Kizamahatako, puis de nombreux dykes et coulées de *rhyolites* et de *basaltes* entre cette montagne et le mont Ambohipisaka.

Enfin, au Sud-Est, se développe la zone gréseuse, au milieu de laquelle se rencontrent des suintements de *bitume* et qui est actuellement prospectée pour le *pétrole* ; on a vu dans le tome I (p. 106) qu'elle est lardée de dykes de *microgranites*, de *rhyolites* et de roches noires, à facies *basaltique* ou *diabasique*.

Il est important de faire remarquer l'association, dans toutes les régions qui viennent d'être passées en revue, de roches leucocrates *alcalines* à silice libre et d'autres *calco-alcalines*, mélanocrates ; l'ordre de succession, et par suite de différenciation du magma, a toujours été le même, aussi bien dans les massifs intrusifs que dans les épanchements ; les granites sont postérieurs aux gabbros, les rhyolites se sont épanchées à la surface des coulées basaltiques.

Les roches à silice libre sont plus variées que dans les autres centres volcaniques malgaches où on les rencontre ; il faut y distinguer une première série plus potassique que sodique, comprenant des *microgranites* à biotite et des *rhyolitoïdes* ; à ces roches, je rattacherai la *shoshonite quartzifère* de l'Ambohitrosy. Une seconde série est plus sodique que potassique ; elle comprend les *granites* et les *syénites à aegyrine et lanéite*, une *micronordmarkite* et une *rhyolite*, celle de Betandraka qui est, parmi toutes les roches rhyolitiques de l'île, la seule dans laquelle la proportion de la soude l'emporte sur celle de la potasse.

294. *Rhyolite*. Est Ampoza. . . . . I.3'.1'.3.
204. — Kizamahatako. . . . . I.4.1.3.
305. *Perlite*. Gué du Manambao, route de Tambohorano. . I.3.'2.3.
205. *Microgranite*. Ambohitrosy. . . . . I.4.'2.3.
343. *Shoshonite quartzifère*. Ambohitrosy. . . . . . . 'III.(4)5.3.3.

	294	204	305	205	343
SiO^2	77,58	71,75	72,61	71,80	50,36
Al^2O^3	12,51	13,04	11,35	15,21	13,31
Fe^2O^3	0,62	2,24	1,19	1,90	8,13
FeO	0,42	0,47	0,44	0,96	8,27
MgO	0,13	0,44	0,20	0,11	5,03
CaO	0,38	0,74	1,03	1,40	8,50
Na^2O	2,77	3,52	1,88	3,01	1,52
K^2O	4,91	5,35	4,00	5,07	2,09
TiO^2	0,13	1,18	0,23	0,35	2,35
P^2O^5	»	0,23	0,15	0,08	0,34
H^2O +	0,54	0,47	5,13	0,30	0,27
—	0,36	0,27	1,37	0,05	0,10
	100,35	99,70	99,58	100,24	100,27

301. *Rhyolite*. Betandroka. . . . . I . 4 . 1' . 4.
470. *Micronordmarkite*. N. de Bedrietsy, près Morafenobe[1]. I' . 4 . 1(2) . 3(4).
177. *Granite à aegyrine et à lanéite*. Ambohitrosy. . . . . I(II) . 4 . 1 . '4.
217. *Syénite quartzifère à aegyrine*. — . . . . . I' . (4)5 . 1' . '4.

	301	470	177	217
SiO^2	73,10	68,18	69,10	63,70
Al^2O^3	13,12	15,44	11,88	15,97
Fe^2O^3	2,65	2,06	5,39	4,40
FeO	0,52	2,18	1,49	2,83
MgO	0,32	0,32	0,36	0,39
CaO	0,87	0,82	1,10	1,00
Na^2O	5,24	5,05	5,36	5,76
K^2O	2,33	4,67	3,70	4,42
TiO^2	0,46	0,22	0,71	0,65
P^2O^5	0,35	»	0,07	0,14
H^2O +	0,47	0,85	0,28	0,29
—	0,32	0,35	0,28	0,23
	99,75	100,14	99,72	99,78

On a vu dans le tome II que les granites alcalins de l'Ambohitrosy présentent une très grande analogie avec ceux de l'Antsatrotro et de la région d'Ampasibitika ; ils apparaissent ici comme un terme de différenciation d'un magma gabbroïque calco-alcalin, mais cette différenciation n'a pas été poussée assez loin pour fournir des roches néphéliniques comme dans la province pétrographique d'Ampasindava. Il est très vraisemblable que les granites de ces deux régions sont du même âge, mais il n'est pas possible de le démontrer en l'absence de sédiments plus récents que le Lias supérieur.

Les roches basiques mélanocrates présentent, elles aussi, des termes de différenciation assez variés qui, au point de vue des alcalis, sont caractérisés par une diminution progressive de la potasse. Les deux massifs de l'Ambohitrosy et du Fonjay présentent le caractère commun de renfermer, comme forme de différenciation du type moyen de l'intrusion, non pas des termes plus riches en éléments colorés, mais des termes plus riches en éléments blancs, ce qui explique leur haute teneur en alumine. A l'Ambohitrosy, il s'agit d'une série de gabbros, c'est-à-dire de roches à labrador ; le type leucocrate oscille vers la *labradoritite*[2], il renferme un peu de quartz. Au Fonjay, le terme leucocrate n'est plus labradorique, mais bytownitique, son minéral coloré dominant est de l'olivine ; c'est une *allivalite*.

Quant aux laves, je ne possède qu'un trop petit nombre d'analyses pour pou-

1. Cette roche renfermant une petite quantité de pyroxènes et d'amphibobes sodiques forme un gros dyke dans les grès triasiques.

2. On a vu page 157 que dans les massifs de gabbros du Massif cristallin il existe des cas analogues de différenciation conduisant jusqu'à des *labradoritites*.

voir présenter à leur sujet des observations ayant un caractère de généralité ; il faut seulement noter que les trois roches analysées sont des *sakalavites* ou des *basaltes* renfermant une petite quantité de silice virtuelle.

473. *Sakalavite.* Nord-Ouest Ambohipisaka. Coulée provenant du Kizamahatako.	II(III) . 4' . 3 . 4.
365. *Basalte.* Andranomilevina	II(III) . '5 . 3' . 4.[2(3) . 1 . '2 . 2(3)].
469. — Vilanandro, W. de l'Andranomavo. .	III . 5 . (3)4 . 4(5)[1(2) . 2 . 2' . 2(3)].
277. *Gabbro leucocrate.* Ambohitrosy.	I(II) . (4)5 . 4 . '4.
280. — *à olivine.* —	III . 5 . 4 . (4)5. [1' . 3 . 2 . 2(3)].
282. — Fonjay.	'III . 5 . 4 . '5.
285. *Allivalite* —	II . 5 . '5 . 5.

	473	365	469	277	280	282	285
SiO^{2}.	54,28	52,05	47,74	50,80	47,00	46,30	44,12
$Al^{2}O^{3}$.	12,91	13,61	13,39	23,09	16,78	18,48	25,33
$Fe^{2}O^{3}$.	3,38	5,22	3,64	3,90	2,15	1,66	0,87
FeO	8,35	6,54	8,66	3,65	8,70	5,63	3,85
MgO.	3,16	5,23	8,71	1,08	9,18	10,13	9,51
CaO	7,52	9,57	11,56	11,30	12,70	13,51	14,19
$Na^{2}O$.	3,09	2,54	2,46	1,97	2,42	2,18	1,16
$K^{2}O$	1,41	1,28	0,63	1,43	0,52	0,26	0,17
TiO^{2}.	2,22	1,77	1,18	1,07	0,26	0,70	0,20
$P^{2}O^{5}$.	0,44	0,33	0,32	0,29	0,05	0,09	0,10
$H^{2}O$ + ...	1,92	1,83	1,61	1,25	0,36	0,99	0,25
—	1,76	0,16	0,41	0,43	0,16	0,21	0,11
	100,44	100,13	100,31	100,26	100,28	100,14	99,86

b. — Éruptions crétacées.

Parmi les régions de l'Ouest qui ont été le siège d'éruptions d'âge certainement crétacé, l'état actuel de nos connaissances conduit à faire plusieurs groupements.

α. — **Entre le Maevarano et la Betsiboka** (Cf. tome I, p. 98-99). — Cette vaste région, qui comprend le Boina, est caractérisée par de grands épanchements de laves basaltiques sur lesquels je n'ai que des données analytiques insuffisantes, des variations chimiques importantes se cachant souvent sous la monotonie d'aspect extérieur des laves qui a découragé les explorateurs ; ceux-ci se sont généralement bornés à me signaler l'existence de basaltes, sans prendre la peine de les recueillir. Une collection très importante de la région d'Analalava m'avait bien été expédiée par Rouquette au cours de la guerre, elle ne m'est pas parvenue ; la mort de mon regretté correspondant ne m'a pas permis de réparer cette perte.

Je n'ai donc que trois analyses à présenter ; elles correspondent à des échantillons recueillis dans des points éloignés les uns des autres, les environs d'Analalava, la région de Port Bergé, l'Ouest d'Ankarafantsika. Elles présentent entre elles une

remarquable analogie; elles correspondent à des *sakalavites* ou à des *basaltes*[1] apparentés à celles-ci. Les échantillons souvent altérés[2] d'autres gisements que j'ai étudiés sont, comme ceux-là, pauvres en olivine ou dépourvus de ce minéral; je suis donc assez porté à penser que ces analyses représentent assez bien la physionomie moyenne des laves du Boina, mais il faudrait appuyer ces présomptions sur des arguments plus solides, car, dans une collection envoyée jadis au Muséum par Colcanap, j'ai trouvé l'échantillon dont l'analyse est donnée en **404** et qui correspond à une lave d'un tout autre caractère dont il a été question à la page 647 du tome I. Elle est malheureusement très hydratée et l'analyse ne doit être prise que comme indication. Minéralogiquement, cette roche se rapproche des *étindites*, c'est donc une roche dépourvue de feldspath et riche en néphéline.

Cette région demande à être explorée avec soin au point de vue de ses laves.

369. *Sakalavite*. Région Port Bergé.	III . 4' . (3)4 . (4)(5)	[2 . 1 . 2 . 3].
356. — Ouest Ankarafantsika.	III . 4' . 3 . (4)5	[2 . 1 . 2' . 2'].
470. *Basalte*. Ambohimarina (Analalava).	III . '5 . 3 . 4'	[2 . 1 . 2 . 3].
404. *Méta-etindite*. Nord Antonibe.	III . '6 . 3 . '4	[2(3) . 1 . 3 . '3].

	369	**356**	**463**	**404**
SiO^2	50,74	47,66	49,58	41,08
Al^2O^3	12,84	9,65	12,54	14,12
Fe^2O^3	5,97	6,44	3,21	8,14
FeO	7,49	7,05	9,00	4,92
MgO	4,74	6,91	5,57	3,74
CaO	9,42	12,38	9,84	13,84
Na^2O	2,48	2,28	2,99	2,77
K^2O	1,04	0,40	0,84	2,07
TiO^2	1,71	2,99	4,37	3,21
P^2O^5	0,19	0,29	0,24	0,89
HO^2 +	1,96	2,95	0,84	4,25
—	1,26	1,22	0,72	1,32
	100,16[3]	100,22	100,13[4]	100,33

β. — **Entre la Betsiboka et l'Andranomavo** (Cf. tome I, p. 100). — La région comprise au Sud de la Betsiboka, entre le Jurassique, l'Andranomavo et la mer, renferme de grands épanchements et peut-être des intrusions basaltiques au milieu du Crétacé. Les analyses données ci-dessous montrent que leurs roches présentent le même caractère que les laves basaltiques du Nord du fleuve, avec peut-être cependant une plus grande fréquence des types à olivine, dépourvus de silice virtuelle.

Dans le tome I, p. 101, j'ai signalé la monotonie de cette composition

1. J'ai désigné ces roches dans le tome I, sous le nom de *labradorite*.

2. Aux affleurements, l'altération de ces roches met en liberté un très grand nombre de nodules siliceux de nature variée et ce caractère est commun à tous les basaltes crétacés de l'Ouest.

3. Y compris Cl. 0,14 ; CO^2 0, 27.

4. Y compris CO^2 0, 39.

minéralogique, mais depuis lors M. Perrier de la Bathie m'a envoyé des documents nouveaux parmi lesquels j'ai rencontré d'intéressants échantillons de *pantellérite potassique,* passant à des *rhyolites à aegyrine* ; ils apportent un élément nouveau pour la discussion de cette question. Malheureusement ces roches ne sont connues que sous forme de galets abondants dans une couche intercalée au milieu des assises à Dinosauriens de la plaine de Mahabo-Maroala (Sud-Ouest de Marovoay) et leur gisement en place est inconnu. Ces galets arrondis sont mélangés à des galets de quartz, de microcline, de pegmatite qui, eux, proviennent certainement du Massif cristallin. Il est donc possible que ces pantellérites aient été apportées de fort loin. Cependant on trouvera dans le tableau ci-dessous l'analyse d'un *trachyte quartzique* de composition chimique voisine provenant de Bekodia, village situé sur la Mahavavy de l'Ouest ; la considération de cette roche porte à penser que le gisement des pantellérites provient probablement de la région sédimentaire.

Quelle que soit d'ailleurs la position géographique de leur gisement, il est important de préciser la position stratigraphique de ces galets ; une coupe du Nord au Sud montre, de haut en bas (Perrier de la Bathie), au sommet, les grès à Dinosauriens de Mahabo-Marovoay (surmontés par la série des grès de Maevarano, sur lesquels reposent les marnes et les calcaires du Sénonien supérieur), puis la couche à galets de pantellérite, des argiles brunes (niveau des argiles à Dinosauriens d'Ankazomihaloka) et enfin les basaltes de l'Antanimena. On voit donc que ceux-ci sont antérieurs au Turonien, aussi bien que la pantellérite.

302.	*Pantellérite potassique*. Conglomérat de Mahabo.	'II . 3 . 1 . 2.	
303.	— — .	I(11) . 3' . 1 . 3.	
314.	*Trachyte quartzique*. Bekodia.	I' . 4' . 1 . 3.	
471.	*Hyalo-sakalavite*. Chute de Zony.	'III . 4' . 3 . 4.	[2 . 1 . 2(3) . 3].
362.	*Basalte-sakalavite* Maroala.	'III . (4)5 . 3(4) . 4(5).	[2 . 1 . '2 . 3].
372.	*Basalte*. 15 Km. Sud lac Kinkony.	III . 5 . '4 . 4'.	[2 . 1 . 2 . 2(3)].
473.	— Tsitondroina.	III . 5 . 3(4) . (4)5.	[2 . 1 . 2 . '3].
374.	— Entre Beseva et Sitampiky. . . .	'III . 5 . (3)4 . '4.	['2 . 2 . 2 . (2)3].

	302	**303**	**314**	**469**	**362**	**371**	**468**	**374**
SiO^2.	74,42	73,62	62,73	54,08	50,44	47,88	47,75	47,06
Al^2O^3.	9,21	8,65	15,42	11,31	13,94	13,53	13,94	15,03
Fe^2O^3.	4,89	5,96	5,65	3,54	3,49	6,19	5,58	2,46
FeO	0,87	0,65	0,83	7,07	9,72	6,90	7,84	8,65
MgO.	0,09	0,48	0,64	4,22	3,96	6,58	6,00	7,27
CaO	0,12	0,62	0,40	9,14	8,88	10,22	11,12	9,88
Na^2O.	3,64	3,77	4,38	2,75	2,88	2,24	3,01	2,38
K^2O	5,45	4,16	5,72	1,63	0,58	0,73	0,48	1,28
Ti^2O.	0,18	0,46	1,41	1,22	3,46	2,09	2,30	2,25
P^2O^5.	»	»	0,24	»	0,23	0,29	0,29	0,34
H^2O + ...	0,80	1,13	1,36	3,75	1,34	2,41	1,28	2,12
—	0,66	0,81	0,97	1,47	0,95	0,97	0,67	1,07
	100,33	100,31	99,75	100,18	99,87	100,03	100,27	99,79

γ. — **Mahilaka et Menabe.** — Dans cette vaste région, comprise entre le Ranobe et le Manambolo, dominent les *basaltes*. Je n'ai pu recueillir à leur sujet que peu de documents analytiques. La seule analyse faite correspond à un basalte normal (Antrakotrako, au Sud de Betaboara, rive droite du Manambolo), mais le type *sakalavite* semble n'y être pas rare.

Les roches acides présentent un caractère calco-alcalin, fort net, ainsi que le montrent les analyses données plus loin (*rhyolite* d'Antsedoha), parmi lesquelles se trouve celle de la seule roche *dacitique* que je connaisse dans la région de l'Ouest. C'est un type remarquable à cordiérite dont l'excès d'alumine est peut-être dû à une action endomorphe des sédiments traversés.

Partout où, comme à Antrakotrako, sont associés des basaltes et des rhyolites, celles-ci sont les dernières épanchées.

δ. — **Entre la Tsiribihina et le Mangoky.** — Quant aux *basaltes* à grands cristaux de plagioclase recouvrant parfois les grès du Crétacé supérieur entre la Tsiribihina et le Mangoky, leur composition chimique est peu variée ; elle est représentée par l'analyse **372**.

474. *Pechstein*. Antrakotrako près Betaboara. . . I.(3)4.(1)2.3.
475. *Rhyolite*. Antsedoha. . . . . (I)(II).3(4).'2.3(4).
311. *Dacite à cordiérite*. Sud du Manombo. . . . I(II).(3)4.2(3).4.
476. *Basalte*. Antrakotrako. . . . . III.5.'4.5. ['2.1(2).2.(2)3].
372. *Basalte à plagioclase*. Tsiandava . . . . . III.5.'4.4'. [2.1.2.2(3)].

	474	475	311	476	372
SiO^2	71,34	69,96	66,10	47,62	47,02
Al^2O^3	11,71	11,83	14,30	12,97	14,94
Fe^2O^3	1,94	4,29	1,17	3,39	4,95
FeO	1,49	1,82	5,23	8,77	8,66
MgO	0,35	0,68	1,04	7,51	4,76
CaO	1,06	1,42	2,41	12,64	11,66
Na^2O	3,59	3,49	3,06	2,52	2,96
K^2O	3,93	3,34	2,42	0,20	0,63
TiO^2	0,44	0,79	0,98	1,80	2,17
P^2O^5	»	0,29	0,15	0,21	0,44
H^2O +	4,03	1,59	3,75	1,68	2,08
—	0,29	0,53		1,09	0,13
	100,17	100,03	100,11	100,40	100,40

ε. — **Entre le Mangoky et le Sud de l'Onilahy.** — Au delà du Mangoky (Cf. t. I, p. 107), je ne connais plus que des roches compactes à facies *basaltique*, à grain fin, le plus souvent dépourvues de phénocristaux ; elles présentent une très grande analogie de composition chimique avec celles du Nord de la Betsiboka ; ce sont des *sakalavites* ou des *basaltes* de composition voisine. Souvent la proportion des éléments colorés diminue et la roche passe à des *labradorites* pauvres

en olivine ou dépourvues de ce minéral : c'est sous ce nom que je les ai désignées dans le tome I. Les trois analyses **368**, **477** et **367** donnent une idée de la composition moyenne de ces roches dont j'ai étudié minéralogiquement un très grand nombre d'échantillons.

Il faut signaler une exception à cette composition, elle est réalisée par une roche remarquablement fraîche. Il s'agit d'une lave très récente se trouvant entre le Mangoky et le Manambo dans la plaine sableuse de Betioky comprise entre les calcaires éocènes, à l'Est, et des calcaires plus récents, à l'Ouest. Cette roche est une *limburgite* ; elle paraît jouer vis-à-vis des sakalavites et des basaltes le même rôle que les ankaratrites sur la côte Sud-Est.

Notons en terminant qu'au Sud de l'Onilahy, dans le Crétacé de la vallée de la Menarandroy (t. I, p. 108), se trouvent, notamment dans la région de Lagniro, des pointements basaltiques qui, d'après les échantillons que j'ai vus et qui malheureusement sont très altérés, paraissent plus basiques que les sakalavites et les basaltes des bords de l'Onilahy. Ils se rapprochent, au point de vue minéralogique, des *basaltes riches en olivine* de la région d'Ampanihy et de la Manakaralahy.

Il faut citer enfin une *limburgite* qui constitue un dyke dans les grès permotriasiques de la Sakamena : sa composition diffère de celle de la limburgite de Betioka par sa pauvreté relative en titane.

Ce dyke de limburgite de la Sakamena présente une particularité que je n'ai rencontrée nulle part ailleurs, en dehors des basanitoïdes récentes du Nord et de Nosy Be, il renferme une grande quantité d'enclaves de *nodules à olivine*.

368.	*Sakalavite*. Nord Analavelona. . . .	'III . 4' . 3(4) . 4.	[2 . 1 . 2 . 3].
477.	*Basalte-sakalavite*. Ifanata	(II)III . (4)5 . 3' . (4)(5).	[4 . 1 . 2 . (3)4].
367.	*Basalte*. Tanilehy.	'III . '5 . 4 . 4.	[2 . 1 . '2 . '3].
399.	*Limburgite*. Betioka.	III . '6 . '3 . 4.	[2' . 1' . 2' . 2(3)].
400.	— Sakamena.	III . 6 . 3 . 4(5).	['2 . 2 . 2 . 2].

	368	477	367	399	400
SiO^2.	49,22	49,12	49,95	42,42	42,92
Al^2O^3.	11,40	14,22	15,52	12,19	13,24
Fe^2O^3.	3,88	3,75	3,88	6,73	3,77
FeO.	9,88	10,14	9,91	7,27	7,66
MgO.	5,54	3,28	5,42	7,34	10,04
CaO.	10,18	8,62	9,53	11,82	12,52
Na^2O.	2,19	3,06	2,01	3,19	3,66
K^2O.	0,54	0,83	1,22	1,63	0,88
TiO^2.	4,26	2,84	1,53	4,23	1,44
P^2O^5.	0,22	0,10	0,48	0,81	0,96
H^2O + ...	1,59	1,64	0,53	2,13	2,53
—	1,37	1,78	0,36	0,34	0,11
	100,27	100,05[1]	100,34	100,10	100,10[2]

1. Y compris CO^2 0,67.
2. Y compris CO^2 0,16 ; MnO 0,11.

B. — *Extrême-Sud.*

a. — Pays Mahafaly et Androy occidental.

Dans l'étude des produits volcaniques des centres volcaniques situés dans l'Extrême-Sud, sur le Massif cristallin, il y a lieu de distinguer plus nettement que je ne l'ai fait dans le tome I (p. 128), d'une part l'Androy à l'Est et d'une autre le pays Mahafaly, où, sur la bordure du Massif cristallin, quelques pointements *basaltiques* se rencontrent au Nord d'Ampanihy ; au pays Mahafaly se rattachent géologiquement les divers gisements de l'Androy occidental (Cf. carte p. 48, Tome I), se trouvant particulièrement dans la haute vallée de la Manakaralahy, dans les vallées de la Beandry, du Menarandra (région de Bekily) et enfin de la Manambahy (Bekitro, Mikaikarivo). Ces derniers gisements volcaniques sont reliés par des pointements dispersés au Massif principal de l'Androy qui se développe dans la vallée du Mandrare (cf. Tome I, carte p. 50). A l'Est du massif, l'on ne rencontre plus que des gisements épars et on verra plus loin que l'origine de certains d'entre eux prête à une discussion.

Dans la région occidentale de l'Androy, ne se rencontrent pas seulement des *basaltes* comme dans le pays Mahafaly, mais encore (vallée de la Beandry) des *rhyolites* potassiques, vitreuses ou passant à des types microgranulitiques ; il semble bien toutefois que ce soient les roches à facies basaltique qui prédominent[1]. Dans les analyses données plus loin, on trouvera (**479**) un basalte à affinités de sakalavite, mais les types dominants sont des basaltes à silice entièrement saturée, avec quelquefois même un petit déficit de silice ; ces types, souvent ophitiques (**377** et environs de Bekitro), sont d'ordinaire très riches en olivine. Un terme de différenciation extrême dans cette même direction est réalisé par l'*ankaratrite,* un peu néphélinique, des environs de Bekily. Au point de vue de leur basicité, les roches basaltiques de l'Androy occidental se rapprochent plus des basaltes du Sud de l'Onilahy (Sakamena et vallée de la Menarandroy) que de ceux de l'Androy central.

Dans toute cette région, les laves ne se trouvent en contact avec aucun sédiment, aussi ne saurait-il être question de les dater, mais il est bien probable qu'elles sont postcrétacées et sans doute contemporaines des éruptions du Bassin du Mandrare.

295	*Rhyolite.* Haute vallée Beandry	I . 3 . 1(2) . '3.	
478.	*Basalte.* Entre Tranoroa et Bekitro. . . .	III . '5 . 3 . 4.	['2 . 1 . (1)2 . 3].
354.	*Labradorite à olivine.* Haute vallée Beandry. .	II' . 5 . 3' . 4	[2 . (3)4 . 2 . 3].
379.	*Basalte à olivine.* Entre Satrapotsy et la Manakaralahy.	III . 5' . 3(4) . '5.	[2 . 2(3) . 2 . (2)3].
480.	*Ankaratrite.* Bekily.	(III)IV[7 . 3 . 4].	'2 . 2(3) . 2(3) . 2.

1. Quelques roches altérées que m'a communiquées Rouquette donnent à penser que la composition lithologique de ce centre volcanique est peut-être plus compliquée. C'est une région à explorer avec soin.

	295	478	354	379	480
SiO^2.	75,76	51,86	45,18	46.58	41,02
Al^2O^3.	13,16	12,00	17.92	16,08	11,84
Fe^2O^3.	0,22	2,74	3,53	3.63	4,64
FeO.	0,87	10,71	10,06	8.65	9.42
MgO.	0,11	5,03	5.00	7.66	12,00
CaO.	0,62	10,22	8.62	11,36	12,88
Na^2O.	2,12	2.62	3,62	2,38	3,00
K^2O.	4,13	1,19	1,27	0,51	1,01
TiO^2.	0,06	2,20	2,23	1,79	2,30
P^2O^5.	»	0,28	0,36	0.37	0.37
H^2O +.	2,87	0,94	1,76	1,07	1,51
—	0,16	0,58	0,19	0,07	0,31
	100,08	100,37	100,11[1]	100,28[2]	100,21

b. — Massif de l'Androy[3] proprement dit.

Comme dans les régions de l'Ouest de l'Ile, les éruptions du Grand Massif volcanique de l'Androy ont débuté par des épanchements basaltiques dont les cheminées sont souvent visibles sous forme de dykes traversant les schistes cristallins et, sur le bord méridional du massif, traversent des calcaires sédimentaires. Dans un grand nombre de points, les épanchements basaltiques sont recouverts par d'épaisses coulées rhyolitiques ; nous retrouvons donc ici la même succession que dans le Menabe et l'Ambongo.

L'âge absolu de ces éruptions est inconnu ; on sait seulement que des coulées basaltiques sont intercalées dans les calcaires que M. J. Giraud attribue [**195**], avec quelque réserve, à l'Eocène, mais qui pourraient être plus récentes. Toutes ces roches volcaniques sont profondément érodées et décapées.

Les laves à silice libre, qui sont les plus abondantes ou tout au moins les plus apparentes puisqu'elles constituent le sommet des plateaux, sont alcalines, ou bien possèdent un caractère monzonitique. Ces deux types se rencontrent sous forme de coulées généralement lithoïdes, mais avec parfois des portions vitreuses (*rhyolites* et *rhyolitoïdes, dellénites* et *dellénitoïdes*), ou de filons constitués parfois par des pechsteins, et enfin sous forme microgrenue (*microgranites alcalins, microgranites monzonitiques*) qui paraissent constituer de grands dômes superficiels, de larges dykes et peut-être même des massifs intrusifs au milieu des gneiss.

1. Y compris CO^2 0,37.
2. Y compris CO^2 0,13.
3. La légende de la carte de la page 129 du tome I doit être modifiée, il faut lire, région volcanique Antandroy (ou de l'Androy) et non volcan Antandroy, car dans cette vaste région, il y a eu de nombreux centres éruptifs, de nombreux volcans.

La série monzonitique comprend des variétés intéressantes constituées par les types à fayalite, se présentant soit sous une forme vitreuse (*dellénitoïde* du Sud de Ranomainty), soit sous une forme microgranitique (micropegmatique) (Andramasy) ; cette série aboutit à des *microgranodiorites*.

La caractéristique commune de toutes ces roches à silice libre, exprimée ou virtuelle, est d'être plus potassiques que sodiques, mais avec des valeurs assez variables dans les proportions relatives des deux alcalis,

293. *Rhyolitoïde*. Ivohitsombe. . . . . I . 3 . 1 . '2.
203. *Microgranite*. Tsivory. . . . . I . 3 . 1 . 3.
306. *Pechstein*. Col d'Itsanovondro . . . . I . 3' . 2 . 3'.
207. *Microgranite monzonitique*. Vohitany . . . . . . I . 3' . 2 . 3.
208. — — Nord Ikonda. . . . I(II) . 4 . 2 . 3.
209. — *à fayalite*. Andramasy. . . . . . . I(II) . '4 . 2 . 3'.
210. *Microgranodiorite*. Tamotamo. . . . . I(II) . (3)4 . 2(3) . 3'.
308. *Dellénitoïde à fayalite*. Sud Ranomainty.. . . . I(II) . '4 . 2 . 3'.

	293	203	306	207	208	209	210	308
SiO^2.	75,16	75,70	70,75	73,50	67,00	69,13	68,28	64,03
Al^2O^3.	10,50	11,65	11,39	13,33	13,15	12,90	13,15	12,77
Fe^2O^3.	3,19	2,27	2,48	2,22	2,29	1,54	3,42	1,92
FeO	0,45	0,33	1,09	1,31	4,92	4,00	3,50	5,44
MgO.	0,72	0,07	0,14	0,14	0,47	0,45	0,50	0,65
CaO.	0,10	0,40	1,43	1,90	2,84	2,86	3,05	3,42
Na^2O.	0,78	2,79	3,10	2,75	3,12	3,34	3,00	2,91
K^2O.	6,52	4,36	3,98	3,60	4,03	3,76	3,27	4,30
TiO^2.	0,30	0,57	0,46	0,55	0,78	1,06	0,68	1,30
P^2O^5.	0,06	0,13	0,07	0,08	0,12	0,21	0,15	0,40
H^2O + ...	1,20	1,26	4,41	0,54	1,22	0,41	0,94	2,25
—	1,03	0,27	0,30	0,27	0,15	0,18	0,09	0,39
	100,01	99,80	99,60	100,19	100,28[1]	99,84	100,23[2]	99,78

Les laves *basaltiques* présentent de très grandes variations structurales, ce qui est dû aux conditions très variées de consolidation d'épaisses coulées que la profonde érosion du massif a mises en évidence. Elles oscillent entre des types microlitiques, très vitreux, et des dolérites à structure intersertale, offrant souvent par leur haute cristallinité une très grande analogie avec les types filoniens des régions anciennes. Lorsque les échantillons étudiés proviennent, non plus de la partie centrale du massif, mais des nombreux dykes essaimés dans les schistes cristallins à l'Est de celui-ci et souvent à grande distance, on se trouve en présence du même problème que je discuterai plus loin à l'occasion des dykes de roches à structure diabasique de la forêt de l'Est. On peut se demander s'il s'agit là de

1. Y compris MnO 0,19.
2. Y compris MnO 0,20.

formations indépendantes, de dykes anciens, antérieurs aux éruptions du Mandrare, ou bien de manifestations excentriques de celles-ci.

L'examen du tableau donné plus loin, dans lequel se trouvent des analyses de roches recueillies avec le souci de fournir une image aussi exacte que possible de la composition de ces laves basiques, permet de constater la prédominance des roches à silice libre virtuelle, *sakalavites* franches ou *basaltes* oscillant vers les sakalavites : elles sont à péridot ou sans péridot. Toutefois les types basaltiques francs, riches en olivine, ne manquent point, mais ils paraissent localisés dans le Sud-Ouest du Massif, entre Tsivory et Imanombo. Il existe même une lave extrêmement riche en olivine, une *ankaramite* passant à l'*océanite* : cette roche est incomparablement plus fraîche que tous les autres basaltes de l'Androy que j'ai examinés et il serait intéressant de rechercher si, comme dans les gisements volcaniques de la côte orientale qui seront décrits plus loin, il n'existerait pas dans l'Androy une venue très basique, relativement récente.

Il est un type que je n'ai pas fait analyser, faute d'échantillons suffisamment frais, c'est la *labradorite* à très grands phénocristaux de labrador de l'Est de Tsivory, mais, elle est tellement analogue, au point de vue minéralogique, à la roche de Karianga (*analyse* **360**) qu'il est bien vraisemblable qu'elle possède la même composition chimique représentée par la formule magmatique II.5.4.4.

La comparaison de l'analyse **488** qui est celle d'une roche à facies diabasique du col situé entre Manala et Elakelaka, et de la sakalavite **482** fait voir que les roches de ce type structural, abondantes dans l'Est du massif, ne diffèrent pas, comme composition chimique, des sakalavites épanchées ; cela prouve qu'elles proviennent du même magma, mais ne nous apprend rien au sujet de leur synchronisme possible avec celles-ci.

481.	*Sakalavite*. Sud de la Sakamasoa (Sud-Est Imanombo).	II(III) . 4 . (3)4 . 4.	[2 . 1 . 2 . (3)4].
366.	— Nord-Ouest Analamainty . . .	'III . 4' . 3(4) . 3(4).	[3 . 1 . 2 . 3].
360.	— (*doléritique*). Tranomaro. . . .	'III . 4(5) . 3' . 4.	[2 . 1 . 2 . 3].
482.	— 2 heures de Antanimoro . . .	III . 4(5) . 3 . 4.	[2 . 1 . 2 . 3(4).
483.	— Ranomainty	III . 5 . 3 . 4(5).	[2 . 1 . 2 . 3'].
484.	*Basalte andésitique*. Andrantina (Sud de Tsivory).	III . (4)5 . 3 . (4)(5).	[2 . 1 . 2(3) . (2)3].
485.	— Pied Mont Saint-Louis (Fort-Dauphin).	III . 5' . (2)3 . 4.	[2 . 1(2) . 2(3) . 3].
486.	*Basalte à olivine*. Sud-Ouest Tsivory . . .	III' . 5 . '4 . 5.	[2 . 1 . 2' . 2].
487.	*Sakalavite doléritique* ou *gabbro diabasique*. Col entre Manala et Elakelaka. . . .	III . 4(5) . 3' . 4.	[2 . 1 . 2 . '4].
488.	*Ankaramite* passant à *océanite*. Andramasy. .	IV[5 . (3)4 . '4].	(1)2 . 3 . 1(2) . 2.

	481	366	360	482	483	484	485	486	487	488
SiO^2	53,72	50,02	50,58	50,42	49,48	49,56	48,12	46,16	49,96	43,38
Al^2O^3	12,58	12,80	12,42	11,88	12,38	12,28	13,58	11,44	12,28	5,89
Fe^2O^3	4,06	4,76	4,24	5,54	4,25	6,06	3,83	5,59	3,42	4,76
FeO	9,31	8,60	8,66	10,01	10,99	5,91	9,13	5,78	12,67	9,96
MgO	2,73	4,09	4,38	3,60	4,36	5,32	4,42	9,08	3,27	22,21
CaO	8,02	8,66	9,92	9,86	9,64	11,52	9,78	13,12	9,92	6,92
Na^2O	2,67	1,88	2,61	2,56	3,14	3,13	4,13	2,09	2,39	0,82
K^2O	1,06	1,78	0,99	1,03	0,86	0,49	1,50	0,28	1,07	0,70
TiO^2	2,62	3,31	3,21	3,04	3,80	2,38	4,00	1,36	3,62	2,15
P^2O^5	0,14	0,48	0,73	0,38	0,48	0,57	0,19	0,17	0,41	0,19
H^2O+	2,51	2,16	2,11	1,48	0,79	1,91	1,11	3,61	1,46	2,92
—	0,62	1,69	0,41	0,65	0,25	1,29	0,29	1,71	0,63	0,49
	100,04	100,23	100,26	100,45	100,42	100,41	100,14[1]	100,39	100,10	100,39

C. — *Antsihanaka.*

Les alentours du lac Alaotra présentent quelques points volcaniques ; je n'en ai visité que la partie Nord-Ouest, où, aux environs d'Amparafaravola, se trouve une grande coulée démantelée d'*ankaratrite,* mais à l'Est et au Sud du lac il existe des *basaltes feldspathiques* sur lesquels je ne suis qu'imparfaitement documenté[2]. La seule de ces roches que j'ai pu faire analyser correspond à un type à olivine renfermant une petite quantité de quartz virtuel.

L'*ankaratrite* d'Amparafaravola est riche en olivine ; elle présente des phénomènes de différenciation magmatique fournissant un type néphélinique et un autre mélilitique ; les paramètres donnés ci-contre correspondent réciproquement au type chimico-minéralogique réalisé au Tsiafajavona et à celui qui caractérise les gisements de la côte orientale.

364. *Basalte.* Andranomalaza. . . . . III.(4)5.(3)(4).4'. [2.1.2.3].
411. *Ankaratrite néphélinique.* Amparafaravola. . 'IV[7.3.4]. '2.3.2.2.
410. — — *et mélilitique.* — . IV[8.2.4). '2.'4.2'.1(2).

	364	410	411
Si^2O	49,08	38,70	39,02
Al^2O^3	11,82	8,30	11,05
Fe^2O^3	4,46	4,14	3,52
FeO	10,81	8,10	6,65
MgO	5,12	16,97	14,33
CaO	10,82	14,70	15,30
Na^2O	2,21	2,62	2,24
K^2O	0,76	1,72	1,38
TiO^2	4,06	3,20	3,31
P^2O^5	0,29	0,70	1,23
H^2O+	0,39	0,75	1,75
—	0,19	0,09	0,36
	100,01	99,97	100,14

1. Y compris MnO 0,06.

2. Au moment du tirage de cette feuille, M. Perrier de la Bathie me communique une *labradorite,* très altérée qui constitue le mont Vohimasina, près d'Andreba : elle renferme en abondance des enclaves de débris du substratum gneissique.

D. — *Côte orientale.*

Sur la côte orientale deux grandes régions doivent être considérées au point de vue du volcanisme. Toutes deux se trouvent dans des conditions géologiques identiques et les éruptions s'y sont produites en relation évidente avec les cassures, qui limitent le rivage et le grand effondrement de l'Océan Indien qui le borde. D'après les renseignements que je possède, les laves ne paraissent pas s'observer au delà d'une vingtaine de kilomètres à partir de celui-ci.

a. — Côte Nord-Est.

La région septentrionale se développe aux alentours de Vohémar et au Sud de cette ville jusqu'au delà d'Antalaha (Cf. tome I, page 136). Il n'existe aucun sédiment permettant de dater les éruptions dont les produits ont recouvert les schistes cristallins, mais on ne peut manquer d'être frappé de l'analogie de nature des laves de cette région et de celles fournies par les éruptions crétacées du Menabe et du Mahilaka. Là aussi, ce sont des *basaltes, parfois cuprifères*[1], et des *rhyolites*. Là aussi, ces dernières ont été émises postérieurement aux basaltes ; comme dans l'Ouest encore, elles sont potassiques. Quant aux roches basaltiques, elles oscillent également entre des *sakalavites* et des *basaltes*, généralement pauvres en olivine ou dépourvus de ce minéral (Cf. Planche 3, figure 3, la colonnade basaltique de Zanaharibe au Sud d'Antalaha).

Il est nécessaire de signaler, en outre, quelques épanchements de *limburgite* et d'*ankaratrite*, c'est-à-dire de roches basiques ou ultra-basiques, un peu plus riches en alcalis (avec soude prédominante) que les basaltes. Je n'ai pas d'observations précises permettant de déterminer des relations d'âge entre ces dernières laves et celles de la série précédente, mais il n'est pas douteux que ces laves noires sont beaucoup plus fraîches que les basaltes, aussi je n'hésite pas à les comparer, à tous égards, aux ankaratrites du Sud-Est dont il va être question plus loin et aussi aux ankaratrites par l'épanchement desquelles se sont terminées les éruptions de l'Ankaratra central.

1. Ces basaltes sont souvent, comme ceux de l'Ouest, très altérés, très zéolitisés.

296. *Rhyolitoïde*. Ampanobe. . . . . I . 3′ . 1 . 2(3).
489. — Anse de Vohémar. . . . . . . I′ . ′4 . (1)2 . 3.
490. *Sakalavite oligoclasique*. Ambatokatsy, près Antalaha. . . . . III . 4′ . 2′ . 4. [2(3) . 1 . 2 . 4].
491. *Basalte*. Entre Sahantala et Antalaha.. . . III . ′5 . 4 . (4)(5). [2 . 1 . 2 . 2(3)].
492. *Basalte sans olivine*. Andranokoho. . . . . III . 5 . 3(4) . ′5. [′2 . 1 . 2 . 3].
493. *Limburgite*. Mont Marovato. Ouest-Sud-Ouest Vohémar. . . . . III . 6 . 3 . 4(5). [′2 . 2 . 2 . 2].
494. *Étindite* passant à l'*ankaratrite*. Entre Ampondro et Ambodimadiro. Nord Manambery. (III)(IV)[7 . 2 . 4(5)] [2 . (1)2 . 2′ . 2].

	296	489	490	491	492	493	494
SiO^2.	75,25	70,02	49,96	48,28	49,24	44,12	42,26
Al^2O^3.	12,25	12,40	9,84	13,23	13,08	12,92	10,85
Fe^2O^3.	1,45	3,66	5,96	5,12	2,51	3,89	7,76
FeO.	0,50	0,97	10,49	7,07	10,06	7,01	5,31
MgO.	0,25	0,84	3,41	7,06	6,12	7,95	10,17
CaO.	0,30	2,04	8,18	11,04	11,52	13,96	11,68
Na^2O.	2,20	3,63	3,32	2,17	2,86	3,19	4,49
K^2O.	5,67	4,26	0,95	0,51	0,44	1,24	1,17
TiO^2.	0,82	0,97	3,80	2,43	2,51	2,59	3,00
P^2O^5.	0,12	0,11	0,43	0,21	0,17	0,84	0,81
H^2O +.	0,64	1,12	2,01	2,91	0,93	2,17	1,91
—	0,47	0,26	1,66	0,22	0,74	0,33	0,67
	99,92	100,28	100,06[1]	100,25	100,18	100,32[2]	100,25[3]

b. — Côtes Est et Sud-Est.

La seconde région se développe au Sud d'Andovoranto. Depuis la publication du tome I (p. 138), j'ai reçu de M. Perrier de la Bathie des roches volcaniques permettant de remonter vers le Nord la limite des épanchements ; il s'agit d'un *basalte*[4] recueilli dans le lit de la Fanoandrano (Ouest Nord-Ouest d'Anivorano).

La constitution des laves de cette région est comparable à celle constatée dans le Nord-Est, avec toutefois quelques particularités en ce qui concerne les roches très acides ; on trouve bien parmi celles-ci des *rhyolites* très potassiques (Marokiby), mais la plus grande partie d'entre elles sont plus sodiques que potassiques, et doivent être rapportées à des *dacites* (*dacitoïdes*) dont les feldspaths virtuels oscillent entre l'oligoclase et l'andésine basique, au voisinage du labrador. La seule roche malgache qui puisse leur être comparée est la *dacitoïde* de la région crétacée de l'Ouest (environs de Maintirano).

1. Y compris MnO 0,05.
2. Y compris MnO 0,11.
3. Y compris MnO 0,17.
4. Ce basalte très compact, à grain fin, est dépourvu d'olivine, mais renferme quelques phénocristaux de hornblende en voie de résorption.

495. *Rhyolite.* Marokiby, entre le Masianaka et le Manambondro. . . . . I . 3(4) . 1 . 3.
310. *Dacitoïde oligoclasique.* Antsenavola. . . . . . (I)(II) . (3)(4) . 2 . '4.
496. — — Vohiloza. . . . . I(II) . 3' . (1)2 . (3)4.
497. — — Farasina sur la Sahavato. . I(II) . '4 . 2 . 4.
313. — *andésitique.* Morafeno. . . . . I . 3 . 3(4) . 4.

	491	310	493	494	313
SiO^2	72,78	70,41	69,88	69,66	62,63
Al^2O^3	13,16	11,44	10,07	12,70	12,19
Fe^2O^3	1,79	2,45	3,45	3,01	2,98
FeO	1,06	2,37	2,46	2,88	2,89
MgO	0,13	0,72	0,92	0,61	1,49
CaO	0,32	3,02	3,04	2,22	4,84
Na^2O	2,94	3,74	3,47	4,00	2,12
K^2O	5,26	2,88	2,81	2,61	0,82
TiO^2	0,51	1,55	1,18	1,24	1,53
P^2O^5	»	0,39	0,13	0,29	0,35
H^2O +	1,93	1,00	1,82	0,71	4,11
—	0,35	0,31	0,63	0,43	3,94
	100,23	100,28	100,43[1]	100,36	99,89

Quant aux roches basaltiques, elles offrent les mêmes caractéristiques que celles du Nord-Est; ce sont des *sakalavites* oscillant vers des *basaltes,* avec ou sans olivine; leur structure est microlitique ou doléritique. Dans le tome I, avant que l'étude chimique ait été achevée, je les ai souvent désignées sous le nom de labradorite augitique que je ne maintiens pas, la proportion des éléments colorés en faisant des roches mésocrates.

On trouvera ci-contre deux analyses **350** et **370** de laves (*labradorite* de Karianga et *basalte* d'Antanankarena) dépourvues de silice libre virtuelle qui proviennent de la vallée de la Rienana ; le pyroxène de ces roches est un peu ouralitisé et je suppose, sans pouvoir d'ailleurs en donner la preuve, que ces roches formant des coulées ou des filons appartiennent probablement à une série plus ancienne que les laves de la côte ; mais elles n'en diffèrent pas magmatiquement.

Je rappelle ici que loin du rivage dans la haute vallée de la Matitanana et dans le massif de l'Andringitra, il existe des filons et des coulées de diverses laves [*rhyolites, dacitoïde andésitique* (*analyse* **312**), *basaltes*] qui ont été à peine reconnues sur le terrain et dont l'étude détaillée est à faire (Cf. p. 127 et 140).

1. Y compris CO^2 0,57.

363. *Sakalavite.* Rivière Sakalava. Sud Vangaindrano.	III . 4(5) . 3(4) . 4(5).	[2(3) . 1 . 2 . 1(2).
499. *Sakalavite à hornblende.* Sahamandro, près Ambahy..	III . 4(5) . 3 . 4'.	[2 . 1 . 2 . 3].
500. *Basalte.* Marovary. Nord Ankarana. . .	III . (4)5 . 3 . 4'.	['2 . 1 . 2 . 3].
359. — Sud Farafangana.	III . (4)5 . 3' . (4)5.	[2 . 1 . 2 . 3].
501. *Basalte à hornblende.* Lit de la Fanoandrano.	III . (4)5 . 3' . '4.	[3 . 1 . 2 . 3].
502. *Sakalavite à hornblende.* Tsararano. Est Antsenavola.	III . 4(5) . 3(4) . 4(5).	[2 . 1 . 2 . 3(4)].
350. *Labradorite.* Karianga, sur la Rienana. .	II . 5 . 4 . 4.	
370. *Basalte.* Antanankarena..	III . 5 . 3' . 4.	[2 . 1 . 2 . 3'].

	363	499	500	359	501	502	350	370
SiO^2.	48,32	50,88	52,68	50,02	49,56	50,44	48,29	49,08
Al^2O^3.	12,08	11,56	12,02	12,18	12,47	11,62	19,38	14,61
Fe^2O^3.	4,10	3,32	3,62	5,36	4,54	2,61	3,49	4,03
FeO.	10,38	9,87	8,55	7,64	10,06	12,59	5,22	8,11
MgO.	4,28	4,50	5,20	5,41	4,32	4,74	4,19	6,22
CaO.	10,16	8,96	9,78	10,42	9,96	9,92	10,13	9,48
Na^2O.	2,49	3,11	2,91	2,77	2,69	2,46	3,08	2,85
K^2O.	0,61	0,86	0,89	0,57	0,76	0,59	1,08	1,39
TiO^2.	4,82	4,44	1,54	2,00	4,59	3,42	2,00	2,82
P^2O^5.	0,41	0,39	»	0,48	0,29	0,68	0,80	0,33
H^2O +. . . .	1,48	1,89	2,93	2,26	0,49	0,89	1,48	0,84
—	1,09	0,43	0,14	1,22	0,62	0,45	0,48	0,13
	100,22	100,11	100,26	100,33	100,35	100,39	99,62	100,12[1]

Enfin, les dernières éruptions de la Côte orientale (Vatomandry, Mahanoro, Takarindoha) ont fourni les épanchements d'*ankaratrites*, mélilitiques ou non, auxquels il a été fait allusion plus haut. Les analyses **413** à **415** font voir que ces roches appartiennent à la série de l'étindite ; je renvoie à la page 58 pour la discussion des relations existant entre l'*ankaratrite* et la *fasinite doléritique* qui l'accompagne à Takarindoha. On voit que celle-ci est apparentée chimiquement aux *basanites* et il est intéressant de faire remarquer qu'à Madagascar, les roches de ce dernier type lithologique forment le terme ultime de différenciation de presque toutes les séries basaltiques. Des relations analogues existent entre l'*ankaratrite* mélilitique et la *basanitoïde*[2] mélanocrate de Vatomandry, mais dans ce cas, les deux roches ont le même aspect basaltique, la même structure.

413. *Ankaratrite mélilitique.* Vatomandry. . . .	IV[7 . (8) . 3 . (3)4].	'2 . 3' . 2 . 2.
502bis. *Basanitoïde passant à ankaratride.* —	(III)IV . '6 . 3 . 4.	[2 . '2 . 2 . 2].
414. *Ankaratrite néphélinique.* Mahanoro.. . . .	IV['8 . (2)(3) . 4].	2 . 3 . 2 . 2.
415. — — Takarindoha. . . .	IV[8 . 2 . 4].	[2 . 2 . 2(3) . '2].
403. *Fasinite doléritique.* —	III . '6 . 3(4) . 3'.	[2(3) . 1 . '3 . '3].

1. Y compris Cl 0,12 ; CO^2 0,11.

2. J'ai reçu cette roche en cours d'impression. Sa composition minéralogique est celle d'un basalte compacte très mélanocrate, pauvre en plagioclase.

	413	502bis	414	415	403
SiO^2.	39,12	44,72	39,01	39,12	38,18
Al^2O^3.	8,57	10,51	7,93	6,33	15,31
Fe^2O^3.	3,94	4,55	4,53	7,89	7,54
FeO.	7,73	8,01	7,83	6,13	5,58
MgO.	16,44	9,82	17,82	15,79	4,46
CaO.	14,58	13,66	14,25	14,68	13,14
Na^2O.	1,97	2,50	1,96	2,12	1,99
K^2O.	1,69	1,24	1,54	1,24	2,22
TiO^2.	3,39	3,04	3,21	3,29	3,38
P^2O^5.	0,49	0,78	1,14	0,78	0,39
H^2O +. . . .	1,47	0,77	0,85	2,45	6,43
—. . . .	0,86	0,91	0,19	0,51	1,66
	100,25	100,21	100,26	100,33	100,28

c. — **Relations possibles entre certains dykes de gabbros à facies diabasique de la Forêt de l'Est et les épanchements basaltiques de la côte orientale.**

J'ai discuté déjà dans le tome I (page 134) la question de la possibitité d'une étroite relation entre certains des innombrables dykes de roches noires à structure diabasique[1] de la forêt et les épanchements de la côte orientale ; je dois y revenir en me basant sur des considérations de composition chimique.

Parmi ces dykes, il en est dont la mise en place est certainement ancienne ; les roches qui les constituent sont déformées mécaniquement, ouralitisées : elles se transforment en schistes cristallins ; ce n'est pas des roches de ce genre dont il est question ici. Une autre série, au contraire, est constituée par des roches dont la fraîcheur est identique à celle des laves épanchées récemment ; les types les plus cristallins sont nettement ophitiques, mais, sur les bords des dykes épais ou dans les filons minces s'observent toutes les modalités possibles de structure, depuis l'intersertale jusqu'à la vitreuse, de telle sorte que, d'un point de vue purement minéralogique, il est souvent impossible de distinguer ces roches de certaines de celles provenant des coulées de la côte[2]. Cependant deux différences minéralogiques peuvent être parfois relevées : la fréquence de l'hypersthène, du quartz ou de la micropegmatite de quartz et d'orthose dans les roches à structure diabasique, l'absence de l'hypersthène, du quartz et la présence d'une petite quantité d'olivine dans les laves épanchées.

1. Je les ai désignés alors sans distinction de structure sous le terme de *diabase* que je n'emploie plus pour qualifier une roche déterminée.

2. On a vu page 454 du tome II qu'il existe certainement au Nord de Vohémar une série volcanique plus ancienne dont les roches (microlitiques), déformées mécaniquement, se transforment en schistes cristallins : il est permis sans doute de raisonner sur les relations probables de ces roches avec cette première catégorie de dykes de roches à structure diabasique comme je le fais ici pour les roches diabasiques intactes et les roches volcaniques plus récentes.

La comparaison des tableaux d'analyses de la page 223 avec ceux de la page 226 montre que ces différences tiennent à des conditions de cristallisation et non point à des différences chimiques ; elle fait voir que les sakalavites sont bien les homologues, épanchées des gabbros diabasiques quartziques ou tout au moins quartzifères. Je renvoie à la discussion de la page 39 au sujet de la présence de l'olivine dans ces laves renfermant de la silice libre virtuelle ; elle permet de comprendre pourquoi l'hypersthène apparaît avec le quartz dans les roches lentement refroidies des filons.

Les diorites et les gabbros les plus acides (*analyse* **30** et **67**) n'ont pas leurs équivalents stricts dans les épanchements, mais on peut les considérer comme représentant une forme de la dacitoïde de Morafeno (*analyse* **313**) plus riche en minéraux colorés.

De tous ces faits l'on doit donc conclure qu'il n'y a pas de doute sur l'identité magmatique des roches en dykes dans la forêt et des laves épanchées sur la côte, mais, des renseignements que je possède actuellement, il n'est pas possible de déduire s'il y a eu ou non synchronisme dans la mise en place des unes et des autres, ou si un intervalle de temps plus ou moins long a séparé cette mise en place : de savoir si ces roches n'ont constitué que des dykes ou si ceux-ci ont été des cheminées de coulées détruites par l'érosion. Peut-être l'exploration ultérieure de cette région encore si peu connue permettra-t-elle de mettre en évidence de telles coulées. Parmi les roches qui m'ont été envoyées par le Service des Mines pour l'exposition de Marseille, il en est une, en particulier, un basalte riche en olivine, provenant de l'Est de Morafeno, au pied du mont Anjozoro (district d'Anosibe), qu'il me paraît difficile de considérer autrement que comme une lave.

En terminant, il me reste à citer une observation qui peut être parallélisée avec celle que j'ai donnée dans l'étude de l'Ambohitrosy et du Fonjay.

Dans un filon de gabbro à structure diabasique d'Inanatoana (Tome II, p. 414), j'ai rencontré des veinules de quelques millimètres d'épaisseur constituées par un microgranite à structure micropegmatique ; il s'agit là d'une différenciation effectuée sur place, mais, non loin de là, à Vavatenina, j'ai observé dans la même roche, un filon de microgranite résultant d'une véritable mise en place distincte. Si l'on compare l'analyse (**75**) de ce microgranite avec celle (**489**) de la rhyolitoïde de l'anse de Vohémar, on peut constater leur identité de composition, sous la seule

1. Les différences relevées entre ces deux catégories de dykes sont celles dont il a été question page entre les filons de la région de Miandrivazo, situés dans le Bongolava, au milieu des schistes cristallins, et ceux du pied du Bongolava encaissés dans les grès triasiques.

réserve que la petite proportion de chaux et de magnésie que contiennent ces roches est renversée. Il faut donc en conclure que dans le magma ayant fourni les filons à structure diabasique se sont effectués en petit et suivant le même ordre, des phénomènes de différenciation semblables à ceux caractérisant les épanchements de la côte et c'est là une nouvelle preuve de la parenté de ces deux formations éruptives.

Je n'ai rencontré parmi les filons diabasiques aucun équivalent des ankaratrites, ce qui peut être un argument en faveur de l'indépendance relative dans le temps, de ces roches vis-à-vis de la série rhyolito-basaltique, dans le cas où celle-ci serait synchronique de la mise en place des filons diabasiques.

30.	*Diorite à facies diabasique*. Vohiborimo.	II . 4′ . 2(3) . 4.	
67.	*Gabbro* — Le Manambato.	II . ′5 . 3′ . ′4.	
68.	— — Ouest Savahondano.	II(III) . (4)5 . 3 . 4.	[3 . 1 . 2 . 3(4)].
70.	— — Ampanaha, Nord Antalaha. . .	III . 4(5) . ′4 . 4.	[2 . 1 . 2 . 3].
71.	— — Andranomadio sur Bemarivo. .	III . 4(5) . 3(4) . 4.	[2 . 1 . 2 . 3].
73.	— — Pied de l'Angavo.	III . (4)5 . 3(4) . 4.	[2 . 1 . 2 . 3].
74.	— *à olivine*. Vavatenina.	III . 5′ . 4 . 4.	[2 . 1 . 2 . 3(4)].
77.	— — Marovatana.	III . 5 . (3)(4) . (4)(5).	[2 . 2 . 2 . 3′].
504.	— — Farafaty, près Tamatave..	III . ′5 . (3)4 . 4(5).	[2 . 1 . 2 . 3].
75.	*Veinule de microgranite* dans 74.	I′ . ′4 . (1)2 . 3.	

	30	67	68	70	71	73	74	77	504	75
SiO^2. . . .	59,62	53,30	49,88	49,54	49,24	48,00	47,08	44,44	47,94	72,50
Al^2O^3. . . .	15,09	17,69	14,62	10,92	11,75	11,57	14,98	13,62	12,23	13,10
Fe^2O^3. . . .	2,30	3,30	4,48	4,66	3,66	3,94	4,54	5,00	4,79	1,33
FeO. . . .	3,72	5,55	8,32	9,26	10,39	11,40	10,85	12,08	10,34	0,89
MgO. . . .	2,30	4,46	2,95	6,41	5,18	4,95	3,97	5,22	5,72	1,78
CaO. . . .	6,28	6,62	8,76	11,22	10,18	10,12	11,00	11,50	10,72	0,88
Na^2O. . . .	4,55	2,66	3,13	1,59	2,17	2,21	1,88	2,68	2,33	3,17
K^2O. . . .	2,14	2,14	1,15	0,90	0,90	0,91	0,86	0,61	0,63	4,87
TiO^2. . . .	1,11	0,81	4,61	3,62	4,99	4,57	2,40	2,98	2,96	0,67
P^2O^5. . . .	0,83	0,24	0,46	0,34	0,26	0,38	0,54	0,61	0,51	»
H^2O +. . . .	2,11	2,71	1,32	0,92	1,17	1,29	1,72	0,96	0,78	1,60
—. . . .	0,20	0,70	0,24	0,69	0,29	0,76	0,46	0,56	1,38	
	100,25	100,18	99,92	100,07	100,18	100,10	100,28	100,26	100,33	100,79

II

COMPARAISON DE QUELQUES RÉGIONS ÉRUPTIVES AVEC CELLES DE MADAGASCAR

I. — LES RÉGIONS VOLCANIQUES VOISINES DE MADAGASCAR.

A. — *Les Iles Océaniques*[1].

1° *Mascareignes (La Réunion, Maurice, Rodriguez).*

a. — La Réunion.

A la suite de mon voyage à Madagascar, j'ai consacré un mois à visiter la Réunion. Je m'étais surtout proposé d'en étudier le volcan actif[2], mais j'ai fait en dehors de celui-ci un nombre suffisant de courses pour avoir une idée générale de la constitution de l'île.

Je n'insisterai ici que sur les observations pouvant apporter quelques éclaircissements sur les questions relatives à Madagascar.

Au point de vue de la structure générale, on trouve à la Réunion, concentrées dans une même île, les deux étapes dont il a été question dans le paragraphe relatif aux Comores. Un grand volcan actif (Piton de la Fournaise) à laves basaltiques, dont le cratère s'élève à l'altitude de 2 528 mètres, a couvert de ses laves très fluides (qui du côté de l'Est sont descendues jusqu'à la mer) toute la montagne dont la structure inférieure nous échappe ainsi ; mais ce volcan en activité est adossé au flanc oriental d'un volcan éteint, celui du Piton des Neiges (3 300 mètres d'altitude), et celui-ci, superficiellement constitué par les mêmes laves fluides, a été profondément entamé par l'érosion qui y a creusé des vallées encaissées ; celles-ci

1. Toutes les petites îles comprises entre Madagascar, les Mascareignes et les îles granitiques des Seychelles sont de nature corallienne.

2. Cf. A. Lacroix. Le volcan de la Réunion, *Comptes rendus*, t. CLIV, 1912, p. 169.

s'ouvrent sur de grands cirques (Cilaos, Salazie) qui fournissent de belles coupes partout où ils ne sont pas envahis par la végétation. Il est possible ainsi de se rendre compte de la complexité lithologique de ce volcan éteint.

α. — Volcan actif[1].

Les laves du Piton de la Fournaise sont émises dans un état de très grande fluidité, aussi les coulées, tantôt en *gratons*[2], tantôt à texture cordée, présentent-elles une remarquable analogie morphologique avec celles des volcans d'Hawaï. Les tunnels de lave y sont fréquents et ils sont souvent tapissés de belles stalactites, accompagnées d'élégantes stalagmites : ce phénomène s'est produit aussi, mais avec une moins grande fréquence, dans les coulées de la Grande Comore. De même, sur les coulées, se trouvent d'admirables cônes de lave (*dribblet cones*), d'où se sont échappées de petites coulées cordées de toute beauté. Les productions de ce genre ne sont pas absentes de la surface des coulées de Madagascar (Betafo et Itasy) et de la Grande Comore, mais elles y sont beaucoup moins remarquables, aussi bien n'insisterai-je pas sur elles.

Au point de vue lithologique, les laves du piton de la Fournaise sont des *basaltes* labradoriques assez pauvres en olivine ; les formes vitreuses y sont extrêmement fréquentes ; ce sont de véritables obsidiennes basaltiques, elles constituent la surface des coulées, des excroissances qui ont souvent bavé de toutes les fissures de la croûte consolidée des coulées, de curieuses bombes, véritables fragments de verre étiré et tordu, sonores et fragiles s'accumulant sur les bords des fentes à parois vernissées d'où s'écoule la lave au voisinage du cratère. Ce verre basaltique constitue aussi des fils capillaires (*Cheveux de Pelé*)[3], et des gouttelettes rejetées du cratère au cours des grandes éruptions.

A ce type de basalte, sont associées des laves extrêmement riches en gros cristaux de péridot et qui constituent ce que j'appelle l'*océanite ;* minéralogique-

1. Cf. A. Lacroix. Les laves du volcan actif de la Réunion, *Comptes rendus*, t. CLIV, 1912, p. 251.

2. C'est là le nom local donné aux coulées dont la surface est formée de blocs scoriacés roulants ; il a été employé par Bory de Saint-Vincent dans sa description du volcan (*Voyage dans les quatre principales îles des mers d'Afrique*. An XIII (1804), T. II, p. 216). Il a, par suite, la priorité sur celui de lave *aa* emprunté par J. Dana au langage des indigènes d'Hawaï.

3. Ce produit a été nommé ainsi par J. Dana, d'après des échantillons d'Hawaï, mais il était connu depuis la fin du XVIII[e] siècle sous le nom de *verre volcanique capillaire et flexible*. C'est à la Réunion qu'il a été découvert par Commerçon (éruption du 14 mai 1766); il a été décrit par Sage (*Éléments de Minéralogie docimastique*. Paris, 1777, t. I, p. 329), Faujas de Saint-Fond (*Minéralogie des volcans*, 1784, p. 323), puis par Bory de Saint-Vincent (*op. cit.*, T. II, p. 255 et T. III, p. 49).

ment, elles ne se distinguent des roches précédentes que par la très grande abondance du péridot. Je n'y ai pas trouvé de formes vitreuses, les océanites sont en général plus cristallines que les basaltes normaux.

Je me suis attaché à l'étude méthodique de la composition chimique de ces divers types de laves, afin de chercher à vérifier ou à infirmer une hypothèse émise autrefois à leur sujet par M. Ch. Vélain[1]. L'abondance des laves vitreuses au sommet de la montagne, près du cratère, et la richesse plus grande en olivine de certaines des laves de sa base avait fait penser à ce savant que la composition chimique des matériaux épanchés par le cratère est différente de celle de la lave émise par les fissures latérales, cette dernière étant plus basique. M. Vélain a attribué 56,20 pour 100 de silice aux laves vitreuses du cratère terminal et 48 pour 100 au type le plus basique. Comme on le verra plus loin, le second de ces nombres correspond au basalte normal, l'océanite n'en renferme que 44 pour 100, et je ne pense pas que dans ce volcan il existe des roches plus riches en silice. En d'autres termes, pour parler le langage moderne, si cette hypothèse était vérifiée, on serait en présence d'une différenciation effectuée dans la cheminée de la montagne volcanique.

Je donne dans le tableau suivant l'analyse (*analyse a*) de la plus cristalline des laves pauvres en péridot que j'ai recueillies dans la coulée de 1909 (fente à mi-côte du volcan), puis (*analyses b* et *c*) du verre de projection émis par le sommet de la montagne. L'*analyse d* représente la moyenne de huit analyses très concordantes effectuées sur des laves prises à des altitudes différentes. La comparaison de ces chiffres démontre 1° que le degré de cristallinité est indépendant de la composition chimique ; il n'est donc lié qu'aux conditions de la consolidation ; 2° qu'il n'existe pas de différence de composition chimique entre les portions du magma déversées par le cratère et celles épanchées par des fentes d'altitude quelconque. Enfin, ce même type lithologique est fourni par le volcan depuis une longue série de siècles, car les laves de l'Enclos Fouqué, au milieu duquel se dresse le cône actuel, ont la même composition.

Reste à discuter maintenant la composition de l'océanite : l'*analyse e* montre qu'elle diffère essentiellement des laves précédentes par un léger abaissement de la teneur en silice, un relativement plus grand de la teneur en alumine, en chaux et en alcalis et par la très grande abondance de la magnésie. Mais sous ces différences se cachent des analogies remarquables : le rapport des alcalis est presque le même : $\frac{K^2O}{Na^2O} = 0,25$

1. *Description géologique de la presqu'île d'Aden, de l'île de la Réunion, des îles Saint Paul et Amsterdam*, Paris, 1878, p. 131. Ce livre renferme la première description microscopique détaillée des roches de la Réunion.

(en molécules) pour le basalte et 0,28 pour l'océanite. Le rapport $\frac{K^2O+Na^2O}{(CaO)'}$ [$(CaO)'$ = chaux feldspathisable] est le même (0,45) dans les deux roches, ce qui se traduit minéralogiquement par l'identité de leur plagioclase (labrador à 54 pour 100 d'anorthite) qui, bien entendu, existe en proportions variables dans les deux roches. Le calcul permet de constater la presque identité du rapport de ce plagioclase au pyroxène (1, 9 et 2), ce qui revient à dire que l'océanite ne diffère minéralogiquement du basalte que par l'addition d'une grande quantité de péridot (40 pour 100 au lieu de 6).

L'interprétation de ces données est facile ; il n'est pas douteux qu'il s'agisse là d'une différenciation par cristallisation du type discuté pour divers cas par M. A. Harker[1] et par beaucoup d'autres lithologistes. Les cristaux d'olivine, formés à haute température, ont dû tomber sous l'influence de la gravité dans les parties profondes, plus chaudes, du magma qui se sont ainsi enrichies en orthosilicates, ceux-ci ont pu fondre puis recristalliser.

L'océanite forme de grandes traînées au milieu de certaines coulées de basalte normal (éruptions de 1889, 1897, 1903). Elle a peut-être caractérisé, à elle seule, les émissions de certaines éruptions, si j'en crois les indications qui m'ont été fournies par mes guides sur l'âge des diverses coulées que j'ai rencontrées en remontant de la mer au cratère. Ce fait demanderait à être vérifié au cours des éruptions ultérieures.

Ce que l'on peut affirmer, c'est que la production de l'océanite est indépendante de l'altitude du point de sortie de la lave. Par suite le lieu où s'est effectuée la différenciation est au-dessous et non pas dans l'intérieur de la montagne volcanique. Cette différenciation peut, dans certains cas, avoir été poussée jusqu'à la production d'une roche exclusivement péridotique ; dans un des petits cônes adventifs qui bordent la Plaine des Sables, célèbre par l'énorme quantité de cristaux nets[2] d'olivine que renferment les matériaux de projection, j'ai, en effet, rencontré des enclaves de dunite. Il est intéressant de comparer le résultat des *analyses d* à *f*, on y constate la variation continue des éléments chimiques depuis le basalte normal jusqu'à cette dunite, par l'intermédiaire de l'océanite.

Ces développements sont intéressants, car il n'est pas douteux qu'on doive interpréter de la même façon la production de l'océanite des Comores et de l'ankaramite de la province d'Ampasindava et de l'Androy.

1. *Th. natural history oj igneous rocks*, 1909, p. 320.
2. A. Lacroix, *Bull. Soc. Minér. France*, t, VII, 1884, p. 172.

a. Lave de 1909 très cristalline. Piton de la Fournaise. .
b. Obsidienne capillaire (Cheveux de Pelé). Piton de la Fournaise.. . . . .
c. Larmes de projection (bords d'une fente près du cratère).
d. (Moyenne de 8 analyses). . . . . III . 5 . 4 . 4['2 . 1(2) . 2 . '3].
e. Océanite[1]. . . . . IV[5 . 4 . 4](1)(2) . 4 . 1' . 2.
f Dunite (coulée). Plaine des Sables. . . . . V . 1' . 5 . 1 . 1(2).

	1	2	3	4	5	6
SiO^2.	48,64	46,91	48,68	48,22	43,96	38,70
Al^2O^3.	14,13	13,30	15,70	14,74	9,84	0,19
Fe^2O^3.	3,01	2,14	1,81	2,24	3,04	6,43
FeO.	8,92	9,56	9,75	9,38	10,40	10,38
MgO.	7,01	9,16	6,08	7,01	20,70	40,20
CaO.	12,34	11,39	11,64	12,26	7,93	3,48
Na^2O.	2,25	1,84	2,32	2,23	1,48	0,06
K^2O.	0,81	0,92	0,88	0,89	0,62	0,04
TiO^2.	2,61	2,75	2,68	2,72	2,07	0,31
P^2O^5.	0,35	0,36	0,46	0,38	0,25	»
H^2O + ... / —	0,08	1,44	0,10	0,06	0,01	0,21
	100,15	99,30	100,10	100,11	100,28	100,09[2]

β. — Massif du Piton des Neiges.

Laves. — Les dernières éruptions du volcan du Piton des Neiges ont été caractérisées par l'émission de laves *basaltiques,* présentant les mêmes caractéristiques que celles du volcan actif. Dans la masse même de la montagne, se trouvent des coulées et des dykes non seulement de basaltes et d'océanites, mais d'autres roches assez variées.

Le cirque de Salazie est particulièrement favorable pour l'étude des roches de couleur claire, ce sont surtout des *trachytes phonolitiques,* renfermant (Ravin des Demoiselles) ou ne contenant pas (Ravin des Fleurs jaunes) de silice libre virtuelle, mais dans la grande falaise (rempart) de Bellouve se voient aussi d'épaisses coulées de laves grises, fissiles, à peu près dépourvues de phénocristaux de feldspath et essentiellement constituées par des microlites lamelleux d'oligoclase potassique, parfois bordés d'orthose, avec un peu d'augite et d'olivine ; elles offrent une ressemblance remarquable avec les *mugearites*[3] de l'île de Skye (Hébrides).

La série basaltique peut être facilement étudiée sur le flanc méridional du volcan ; en outre des *basaltes,* je citerai des *andésites augitiques* à olivine,

1. Moyenne de 2 analyses concordantes (éruptions de 1897 et de 1903) (Boiteau).
2. Y compris NiO 0,09 (M. Raoult).
3. A. Harker. The tertiary igneous rocks of Skye. *Mem. geol. Surv. United Kingdom.*, 1904, p. 257 et 263.

à facies basaltique (Les Avirons), puis des *labradorites* fort riches en grands cristaux de plagioclase très basique (bytownite) (Etang Salé) : enfin, il me faut signaler des *basaltes* riches en gros cristaux d'olivine et d'augite qui rappellent le basalte dit porphyroïde, d'Auvergne, et enfin de véritables *océanites*.

Roches grenues. — L'une des raisons qui m'avaient conduit à entreprendre l'exploration géologique de la Réunion était la recherche de l'origine d'enclaves de roches grenues[1] et en particulier d'une *syénite alcaline* recueillies autrefois par M. Ch. Vélain dans les tufs de la ravine du Trou et à l'état de blocs dans la rivière de Saint-Etienne. J'ai fait remarquer jadis l'analogie de cette syénite avec les sanidinites des tufs trachytiques de Lagoa de Fogo aux Açores. Sa composition, si différente de celle de la plupart des roches de l'île, posait une série de problèmes dont la solution importait aux recherches sur les *enclaves des roches volcaniques* que je poursuis depuis plus de trente ans[2].

Non seulement j'ai trouvé ces roches, là où elles avaient été signalées, mais j'ai pu toucher leur gisement en place et constater qu'elles constituent des corps géologiques distincts; enfin j'ai recueilli, en outre, tout un cortège de roches intrusives grenues dont la portée dépasse l'intérêt particulier qui s'attache à la connaissance du centre éruptif considéré.

Lorsqu'après avoir remonté le cours inférieur des vallées qui sont entaillées dans l'épaisse succession de coulées basaltiques[3] formant une ceinture continue au Piton des Neiges, on pénètre dans les cirques, on se trouve en présence de hautes falaises formées par des brèches basaltiques très zéolitisées.

Sur leurs parois dénudées, constamment mises à vif par des éboulements, apparaissent en nombre considérable des sills, plus ou moins horizontaux, et des dykes verticaux ou obliques, rectilignes ou étrangement sinueux. La plupart d'entre eux sont de nature basaltique ; ils se terminent parfois en pointe presque capillaire et leur texture est alors entièrement vitreuse, mais il y existe aussi quelques roches blanches. Les roches grenues font partie de ce complexe intrusif et filonien ; elles sont de nature fort variée, ce sont en effet des *syénites quartziques*, des *gabbros*, des *péridotites*.

Toutes celles que j'ai observées en place forment soit des sills beaucoup plus épais que ceux des basaltes, — tel celui de *syénite* de la Chapelle, qui, après avoir

1. A. Lacroix. Les roches grenues, intrusives dans les brèches basaltiques de la Réunion : leur importance pour l'interprétation de l'origine des enclaves homœogènes des roches volcaniques. *Comptes rendus*, t. CLIV, 1912, p. 630.

2. *Les enclaves des roches volcaniques*, 1893, p. 393.

3. Les coulées souvent peu épaisses ont été, comme celles du volcan actif, épanchées à l'état très fluide : elles sont souvent superposées sans l'intermédiaire de produits de projection ; leurs surfaces supérieure et inférieure étant seulement un peu scoriacées.

été horizontal, se redresse pour former le Piton du Pain de Sucre, — soit des dykes plus ou moins puissants (*syénite* près du « Dolmen », sur le sentier conduisant au Bras rouge, cirque de Cilaos; *akérite* au Bras rouge; *péridotites* et *gabbros* de la Rivière du Mât dans le cirque de Salazie). Les uns et les autres sont encaissés dans la brèche basaltique; ils longent parfois des sills basaltiques et sont coupés par des dykes minces de basalte.

Voici brièvement résumés les caractères minéralogiques des principales de ces roches.

Les *syénites* sont surtout formées par des feldspaths alcalins (microperthite d'orthose et d'albite) enchevêtrés, englobant un diopside qui se transforme en ægyrine; ces minéraux sont moulés par de l'ægyrine, de la lanéite, de l'ænigmatite et du quartz. La structure est assez fréquemment miarolitique et dans les cavités tous les éléments apparaissent en petits cristaux nets. Des formes de bordure sont caractérisées par un aplatissement progressif des feldspaths. Il existe aussi des variétés à biotite et pyroxène dont la structure est grenue, à grands éléments. Ces roches offrent l'analogie la plus grande avec certaines des syénites et microsyénites de la région d'Ampasindava et de l'Ambohitrosy. Cette constatation est d'importance pour la discussion de l'origine de celles-ci.

Les *gabbros* présentent des types plus nombreux; ils résultent de la variation du pourcentage des éléments colorés et de la nature de ceux-ci : augite seule, augite associée à olivine ou olivine seule; les gabbros à olivine mélanocrates sont particulièrement fréquents. Le type le plus spécial est constitué par des roches à plagioclase très basique extrêmement riches en gros cristaux d'olivine noire; elles passent à des péridotites et offrent toutes les particularités de structure et de composition de la *harrisite*[1] de l'île Rum (Hébrides). Quand l'augite est très abondante, les feldspaths s'aplatissent parfois et il existe alors des passages à la structure ophitique: les gabbros sans péridot sont quelquefois très feldspathiques et ils passent à des variétés blanches oscillant vers des labradoritites.

Les *péridotites* sont surtout des dunites exclusivement formées d'olivine; elles passent à des wehrlites par apparition de diopside. Certaines de ces roches ont un aspect insolite, elles sont noires, ternes, et rappellent par leur apparence extérieure certaines météorites silicatées. En lames minces, on voit qu'il ne s'agit plus, comme pour la harrisite, d'une couleur propre à l'olivine intacte, mais du résultat d'une transformation de celle-ci; l'olivine, en effet, est très fissurée et remplie par de la magnétite qu'accompagne un peu d'antigorite. Grâce à cette transformation ces péridotites sont devenues très magnétiques.

1. A. Harker. The Geology of the small Isles of Invernesshire. *Mem. geol. Survey Unit. Kingdom.*, 1908, p. 71.

Ces gabbros et ces péridotites sont traversés par des filonnets de gabbros finement grenus, très mélanocrates, mais dépourvus de péridot.

J'ai recueilli dans le Bras Rouge des roches de cette série, renfermant des veinules d'une *microsyénite quartzifère*, riche en ægyrine : nous retrouvons là une particularité semblable à celle signalée à Madagascar au mont Fonjay et à l'Ambohitrosy (Cf. p. 209) ; on voit que, là aussi, les phénomènes de différenciation ont produit des roches alcalines à silice libre dans un milieu essentiellement calco-alcalin et basiques ; leur mise en place est aussi postérieure à celle des roches calco-alcalines.

Le fait capital qui résulte de ces observations réside dans la démonstration de l'existence d'intrusions de roches grenues, à facies plutonique, dans des brèches volcaniques d'âge vraisemblablement tertiaire et probablement d'un Tertiaire assez récent.

Lieu de production des roches intrusives grenues. — Elles fournissent, en outre, la preuve que de semblables roches peuvent se produire sous une couverture de quelques centaines de mètres seulement de matériaux épanchés ; l'abondance d'énormes blocs de ces diverses roches dans les plus hauts ravins du Bras Rouge montre en effet qu'en outre des gisements que j'ai pu toucher, il en existe d'autres, à altitude plus élevée, dans les falaises du Piton des Neiges et du Grand Bénard qui couronnent le massif. J'ai formulé antérieurement la même conclusion au sujet de roches grenues intrusives (gabbro, akérite, luscladite) que j'ai rencontrées en place[1] dans les brèches andésitiques pliocènes du Cantal. En dépit de leur haute cristallinité et de leur structure, comparables à celles qui sont généralement considérées comme spécifiques des cristallisations profondes, ces roches ne sont donc pas abyssiques, elles sont à peine hypabyssiques, ce sont presque des roches superficielles, en tous cas, elles se sont consolidées à l'intérieur de l'appareil volcanique. Il semble d'ailleurs de plus en plus évident que l'importance de la profondeur sur la cristallinité des roches dérivant de magmas fondus a été jusqu'ici considérablement exagérée ; la condition de profondeur est évidemment favorable, mais elle n'est pas nécessaire à la production de roches granitoïdes. Comme autre conséquence, il faut s'habituer à l'idée que les roches grenues peuvent avoir un âge extrêmement récent. Je ne doute pas, pour ma part, qu'il ne s'en forme actuellement dans les flancs des volcans actifs. L'existence de fragments d'une micronorite quartzifère à gros grain rejetés par l'éruption de la Montagne Pelée du 30 août 1902, et arrachés au dôme, alors en voie de formation, constitue un commencement de preuve en faveur de cette opinion[2].

Origine des enclaves homoeogènes. — Je noterai enfin que l'existence de toutes

1. *Comptes rendus*, t. CXLIX, 1909, p. 541.
2. A. Lacroix. *La Montagne Pelée et ses éruptions*, 1904, p. 544.

ces roches grenues en place dans le volcan du Piton des Neiges jette une vive lumière sur l'origine des enclaves homoeogènes des roches volcaniques en général. Elle montre en effet qu'un grand nombre de celles-ci ne doivent pas être considérées comme des ségrégations, des glaçons de cristaux, formés dans la portion du magma qui les a amenées au jour — cas qui, du reste, est réalisé pour un certain nombre d'entre elles[1], — mais qu'elles ont été arrachées à des gisements en place et qu'elles nous fournissent par suite des notions précieuses sur la constitution lithologique des portions du volcan inaccessibles à l'observation directe.

Analogie avec la province d'Ampasindava. — Toutes les observations qui viennent d'être exposées trouvent leur application dans l'interprétation de l'origine probablement voisine de la surface des roches intrusives de la province d'Ampasindava : elles sont autant d'arguments pour l'interprétation que j'en ai proposée page 188. L'âge de la mise en place des roches grenues de cette région malgache est peut-être plus récente qu'on ne pourrait le supposer au premier abord.

Composition chimique. — Dans les tableaux qui suivent, j'ai réuni un certain nombre d'analyses des roches du Massif du Piton des Neiges, en les groupant d'après leur composition minéralogique, sans tenir compte de leur structure et par suite de leur mode de mise en place.

On peut voir la grande parenté magmatique des *syénites quartziques à ægyrine*, des *trachytes* du ravin des Fleurs Jaunes, de l'*akérite* du ravin du Bras Rouge, du *trachyte* du ravin des Demoiselles et enfin des *mugéarites* de Bellouve. Ces roches peuvent aussi être comparées à quelques-unes de celles de la province d'Ampasindava. On peut constater l'analogie de composition chimique des *syénites quartziques à ægyrine* et des *trachytes quarzifères et riebeckitiques* de Marovitsika dans l'Ankaratra (*analyse* **315**) qui est seulement un peu plus feldspathique : du trachyte du ravin des Fleurs Jaunes et des *trachytes phonolitiques* de l'Ankaratra (*analyse* **320**) ; du *trachyte* du ravin des Demoiselles[2], de l'*akérite* et du *trachyte à hornblende* d'Antanifotsy (*analyse* **326**). Les *mugéarites* sont seulement un peu moins potassiques que le *trachyte* d'Amby près d'Antsirabe (*analyse* **330**).

Parmi les roches à facies *basaltique*, nous trouvons à la Réunion des types qui abondent dans le massif d'Ankaratra, mais avec cependant une plus grande fréquence des types mélanocrates, et une plus grande richesse en péridot. Les *gabbros à olivine* offrent également une grande ressemblance avec ceux de la région d'Ampasindava.

1. Tel est le cas pour les types plésiomorphes à hornblende, à structure doléritique et résidu vitreux, qui abondent dans les dacites (Montagne Pelée, Andes, Santorin, Milo, Java, etc.), et dans les trachytes (Mont Dore).

2. Des roches analogues sont à signaler à la Chapelle de Cilaos, puis dans la forêt de Bellouve, etc.

En définitive, c'est avec le massif de l'Ankaratra que les analogies sont surtout frappantes. La différence réside en ce que, à la Réunion, la différenciatiou s'est effectuée dans la direction magnésienne par la production de roches de plus en plus péridotiques qui conduisent, pour les formes épanchées, à des *océanites*, et pour les roches intrusives, à des *dunites*, par l'intermédiaire de la *harrisite* ; enfin il n'y existe pas de roches à feldspathoïdes. Dans le massif de l'Ankaratra, au contraire, les *trachytes* du même groupe que ceux de la Réunion évoluent vers les *phonolites* et les termes les plus basiques renferment toujours une quantité assez notable d'alcalis, ils constituent des *basanitoïdes* et des *ankaratrites*. Enfin, dans l'Ankaratra, je n'ai rencontré que des laves et pas de roche intrusive, autre que la *luscladite* de Fiakarantsoa.

g. *Syénite quartzique à ægyrine*. La Chapelle.	I(II) . 4' . 1 . 3(4).
h. *Trachyte*. Ravin des Fleurs jaunes. Salazie.	I(II) . 5 . 1 . (3)4.
i. *Akérite*. Ravin du Bras Rouge. Cilaos.	I(II) . 5 . 2 . 4.
j. *Trachyte*. Ravin des Demoiselles. Salazie.	I' . (4)5 . 2 . 4.
k. *Mugéarite*. Rempart de Bellouve. Salazie.	II . 5 . 2 . 4.

	g	*h*	*i*	*j*	*k*
SiO^2.	64,01	61,49	61,98	59,95	53,04
Al^2O^3.	13,96	18,25	17,79	17,47	17,34
Fe^2O^3.	7,31	1,77	3,39	2,59	2,12
FeO.	0,20	3,13	2,61	3,45	6,96
MgO.	0,21	0,41	0,59	1,18	2,49
CaO.	1,02	1,65	2,82	3,25	5,86
Na^2O.	5,30	6,78	5,59	6,38	5,61
K^2O.	5,10	5,47	3,65	2,98	3,00
TiO^2.	1,66	0,51	0,72	1,57	2,12
P^2O^5.	0,08	0,09	0,29	0,02	0,83
H^2O.	1,38	0,26	0,37	1,04	0,37
	100,23	99,81	99,80	99,88	99,74

l. *Andésite augitique à olivine*. Les Avirons.. . .	II' . 5 . 3 . 4.	
m. *Labradorite à bytownite*. Etang Salé.	II(III) . 5 . 4 . 4.	[2 . 2 . 2 . 3].
n. *Basalte à olivine et plagioclases*[1]. Bras rouge de Cilaos.	III . 5 . 3' . 4.	['2 . 3 . 2 . 2].
o. *Gabbro à olivine*. Riv. du Mât.	III . 5 . 4 . 4'.	[1(2) . '3 . 2 . 2].
p. — —		
q. — La Chapelle.	II(III) . 5' . 3' . 4.	[2 . 2(3) . 2 . 3].
r. — Riv. du Mât.	III . 5 . 4 . 4'.	[1 . 2 . 2' . 2].
s. *Microgabbro* (*filon dans*[2]). Riv. du Mât. . . .	III . 5 . 4 . 4'.	[2 . '2 . 2 . 2(3)].
t. *Harrisite*. Riv. du Mât.	IV[5 . (4)5 . 3(4)].	1 . 4 . 1' . (1)2.
u. *Dunite*[2]. Riv. du Mât.	V . 1 . 5 . 1 . 2.	

1. Il existe aussi dans le massif du Piton des Neiges des océanites semblables à celles du volcan actif : elles n'ont pas été analysées.

2. Calculé d'après l'analyse d'un échantillon noir extrêmement riche en magnétite et serpentinisé. SiO^2 35,12 ; Al^2O^3 0,56 ; Fe^2O^3 8,49 ; FeO 3,78 ; MgO 39,72 ; CaO 0,87 ; Na^2O 0,16 ; K^2O 0,08 ; TiO^2 0,09 ; P^2O^5 0,08 ; H^2O 10,89 = 99,81.

	l	*m*	*n*	*o*	*p*	*q*	*r*	*s*		*u*
SiO^2	48,63	46,27	46,70	46,77	45,36	45,57	44,73	43,28	41,68	39,85
Al^2O^3	17,01	18,43	13,21	14,55	13,56	17,16	13,30	13,58	6,28	0,65
Fe^2O^3	2,92	3,98	2,62	1,94	1,88	3,64	5,42	5,43	2,64	»
FeO	8,85	8,22	7,26	6,70	7,34	8,41	6,95	8,03	9,32	45,09
MgO	3,87	3,75	11,48	12,74	14,58	5,33	9,12	7,63	29,65	0,99
CaO	7,90	12,33	9,76	13,34	14,17	10,35	14,16	13,19	7,28	0,19
Na^2O	3,98	2,58	2,28	1,47	1,01	3,10	1,66	2,04	0,44	0,09
K^2O	1,76	0,96	1,36	0,54	0,20	1,88	0,60	0,66	0,46	0,10
TiO^2	4,02	2,98	2,36	1,46	0,74	2,82	2,49	3,81	0,49	0,09
P^2O^5	0,77	0,33	0,31	0,18	0,04	0,54	0,16	0,41	0,06	12,95
H^2O	0,22	»	2,44	0,74	1,18	0,94	1,71	1,82	1,96	»
	99,93	99,83	99,78	100,43	100,06	99,74	100,30	99,88	100,26	100,00[1]

En terminant, deux mots sont nécessaires sur une roche singulière que j'ai recueillie dans le Bras rouge de Cilaos sous forme de blocs tombés certainement d'un dyke voisin que je n'ai malheureusement pas pu voir en place. Cette roche est formée par le mélange extrêmement irrégulier de portions inégalement foncées, noires, prédominantes, et de veinules de couleur claire. Les premières consistent en une *diorite pyroxénique* à structure diabasique, l'autre en une *monzonite* à structure foyaitique. Il s'agit là d'un filon mixte, résultant d'une différenciation en voie d'évolution *in situ* : elle est, avec des modalités différentes, l'homologue de ces taches noires qui sont si fréquentes dans les syénites de tous genres de la province d'Ampasindava (Cf. p. 183), mais ici il semble que ce soit la forme leucocrate qui joue un rôle subordonné, à l'inverse de ce qui a lieu dans ces dernières. On peut encore la comparer aux veinules de microgranite à structure micropegmatique du gabbro diabasique d'Inanatoana (page 225).

Filon hétérogène.
v. Diorite à structure diabasique . . . . III.5.3.(3)(4).
w. Monzonite . . . . 'II.5.2.3.

	v	*w*
SiO^2	47,38	58,54
Al^2O^3	11,51	16,69
Fe^2O^3	5,17	3,41
FeO	8,49	3,76
MgO	6,87	1,60
CaO	11,43	3,08
Na^2O	2,02	3,82
K^2O	1,76	6,83
TiO^2	3,65	1,34
P^2O^5	0,52	0,35
H^2O	0,97	0,33
	99,77	99,75

1. Y compris NiO 0,09.

b. *Iles Maurice et Rodriguez.*

a. — **Maurice.** — L'île Maurice (Ile de France), située à 100 milles Est-Nord-Est de la Réunion et à 450 milles à l'Est de Madagascar, est essentiellement volcanique, mais elle renferme, comme l'extrême Nord de Madagascar, des bancs de coraux soulevés.

S'il existe quelques descriptions géologiques de l'île, fort sommaires d'ailleurs[1], par contre, aucune description lithologique n'a été faite de ses laves.

Toutes celles que j'ai eu l'occasion de voir sont *basaltiques*, elles constituent de grandes coulées, riches en cavernes du genre de celles de la Réunion, indiquant que les laves ont été émises dans un état de grande fluidité.

J'ai constaté l'existence de deux types basaltiques, l'un possède une texture doléritique, l'olivine, en grains dépourvus de forme géométrique, est fréquemment transformée en bowlingite; l'augite, plus ou moins violacée, forme de petites plages enveloppant ophitiquement des microlites de labrador. Le second type, constituant un passage de l'*ankaramite* à l'*océanite* et sans doute parfois de véritables océanites, renferme une grande quantité de cristaux d'olivine automorphes et, en moindre proportion, des cristaux d'augite; ils sont distribués dans une pâte microlitique à grain fin. Les analyses données plus loin montrent que ces basaltes présentent une grande analogie chimique avec ceux de la Réunion.

b. — **Rodriguez.** — La petite île de Rodriguez, située à 310 milles Nord 76° Est de Maurice, possède la même constitution géologique que cette île[2]. Des coulées de basalte dolérique à olivine alternant avec des argiles rouges et quelques dykes de basaltes compacts y ont été signalés, ainsi que des calcaires coralliens soulevés sur les côtes.

Ces laves n'ont pas encore été décrites. Les échantillons que j'ai pu examiner

1. Bory de Saint-Vincent. *Voyage dans les quatre principales îles des mers d'Afrique*. An XIII (1804), t. I, p. 195. — Charles Darwin. *Observations géologiques sur les îles océaniques explorées par l'expédition du Beagle*. Traduction A. F. Renard; Paris, 1902, p. 34. — G. Clark. Notes on the geological Features of Mauritius. *Quaterl. J. geol. Soc. London*, t. XXIII, 1867, p. 165. — R. Drasche, *Die Insel Reunion*. Einige geologische petrographische Studie mit einem Anhänge über die Insel Mauritius, Wien, 1878, p. 73. — H. de Haga Haig. The physical features and geology of Mauritius. *Quaterl. J. geol. Soc. London*, t. LI, 1895, p. 463. Cet auteur signale des roches sédimentaires qu'il appelle chloritoschistes et dont la détermination est certainement incorrecte.

2. *An account of the petrological, botanical... made in Kerguelen's Land and Rodriguez, during the Transit of Venus expédition (1874-1875)*. The collections from Rodriguez. I. J. Bayley Balfour. I. The physical features of Rodriguez. *Philosoph. Transact.*, t. 168, 1879, p. 291.

proviennent du British Museum : elles présentent une grande analogie chimique avec celles de Maurice, mais elles sont moins riches en minéraux colorés et renferment parfois assez de néphéline virtuelle pour passer à des basanitoïdes.

Composition chimique. — Voici des analyses faites par M. Raoult sur les laves des deux îles :

A. *Basalte doléritique.* Port Louis (Maurice). III.5.(3)4.4(5)[2.2.2.2'].
B. *Ankaramite-océanite.* Montagne Pouce.—. 'IV.[5.3.4]'2.3.'2.2.
C. *Basalte.* Tonnere Cliff. Ile Rodriguez. . II'.5(6).3.4[2.2'.2.(2)3].
D. — *doléritique.* Entre Grande et Petite Montagne. . . . . . II(III).3.4['2.3.2 2'].

	A	*B*	*C*	*D*
SiO^2	46,08	43,32	48,62	47,84
Al^2O^3	13,51	9,11	17,69	16,07
Fe^2O^3	4,69	4,94	3,76	1,63
FeO	8,41	8,42	5,76	6,99
MgO	9,30	17,02	5,25	8,17
CaO	11,54	9,28	8,76	9,48
Na^2O	2,36	1,86	4,45	3,24
K^2O	0,69	0,86	2,27	1,82
TiO^2	2,42	2,02	2,00	2,04
P^2O^5	0,45	0,34	0,59	0,51
H^2O +	0,14	2,00	0,75	1,81
—	0,82	1,16	0,29	0,62
	100,41	100,33	100,19	100,22

2° *Iles océaniques au Sud et au Sud-Est de Madagascar.*

Perdues dans l'extrême Sud de l'Océan Indien, au Sud et au Sud-Est de Madagascar, et en partie couvertes de neige ou de glace, sont quelques îles désertes de nature exclusivement volcanique dont il n'est pas sans intérêt d'indiquer la composition minéralogique et chimique comme comparaison avec les laves malgaches. Je me bornerai d'ailleurs à des indications sommaires, en insistant sur les points pour lesquels j'apporte des analyses nouvelles.

a. — Ile Marion.

L'île Marion et l'île voisine du Prince Edouard sont situées au Sud-Sud-Ouest de Madagascar, par 46° de latitude Sud environ. Elles ont été touchées par le Challenger. A. F. Renard y a signalé[1] des *basaltes labradoriques*, sans intérêt spécial ; il les a décrites seulement au point de vue minéralogique ; les analyses

1. A. F. Renard. Report on Petrology of Oceanic Islands, *in Report on the Scientific Results on the Voyage of H. M. S. Challenger.* Physics and Chemistry, vol. II, part. VII, 1889, p. 104.

A et B ont été faites (M. Raoult) sur deux échantillons que je dois au British Museum :

A. Basalte (lave ancienne). . . . . II(III).5.3.4.
B. — (lave récente). . . . . III.5.3.4[2.2'.2(3).3].

	A	*B*
SiO^2	48,46	47,72
Al^2O^3	16,06	14,66
Fe^2O^3	3,89	2,26
FeO	9,36	9,92
MgO	2,98	6,31
CaO	9,34	10,72
Na^2O	3,86	3,41
K^2O	1,76	1,18
TiO^2	3,82	3,24
P^2O^5	0,47	0,36
H^2O +	0,11	0,49
—	0,25	0,05
	100,36	100,32

b. — Iles Crozet.

Ces îles (Possession, etc.), situées à 510 milles à l'Est des précédentes et à peu près sur le même parallèle, ont été explorées par l'Expédition du « Gauss » : leurs laves et leurs tufs ont été décrits par M. R. Reinisch[1]. Ces laves sont exclusivement basaltiques. Ce sont, en général, des *basaltes*, très feldspathiques, doléritiques ou bien compacts, avec petits phénocristaux d'augite et d'olivine et parfois de hornblende, ou des laves très riches en phénocristaux de labrador. A l'inverse de ceux de la plupart des autres îles, tous ces basaltes renferment une quantité notable de néphéline virtuelle, ils se trouvent à la limite des *basaltes* et des *basanitoïdes* et peuvent être comparés à certaines des laves de Nosy Be ; leur forme grenue est la luscladite. Il existe aussi des *basanitoïdes* mélanocrates, renfermant des cristaux porphyriques d'augite (1^{cm},5) et d'olivine (1 centimètre). Voici les analyses de M. Reinisch :

a. Basalte doléritique. . . . . II(III).5(6).3(4).4'.
b. Basalte. . . . . II(III).5'.(3)4.4.
c. Basanitoïde mélanocrate.. . . . . . (III)IV[6.3(4).4]1(2).2.2' 2.

	a	*b*	*c*
SiO^2	45,25	45,21	45,43
Al^2O^3	18,89	19,16	11,49
Fe^2O^3	5,52	4,86	3,58
FeO	6,36	7,11	7,10
MgO	6,08	5,73	12,02
CaO	11,00	10,82	15,50
Na^2O	3,42	3,18	2,16
K^2O	1,15	1,24	0,82
TiO^2	1,04	1,20	0,91
P^2O^5	0,34	0,28	0,42
H^2O	1,23	0,94	0,83
	100,28	99,73	100,26

1. *Deutsche Südpolar Expedition auf dem Schiff « Gauss »*. Bd II, Heft IV, 1908, p. 332.

c. — Iles Amsterdam et Saint-Paul.

L'île d'Amsterdam est située au Sud-Est de la Réunion et au Nord-Est de Kerguelen. L'île Saint-Paul se trouve sur le même méridien, à 50 milles plus au Sud. Ces deux îles, exclusivement volcaniques, ont été l'une et l'autre étudiées au cours d'expéditions françaises ou allemandes par von Hochtetter[1] et par M. Ch. Vélain[2], puis, plus récemment, par M. Drygalski dont les roches ont été décrites par M. Reinisch[3].

Ile Amsterdam. — Amsterdam est exclusivement basaltique, les échantillons que j'ai étudiés m'ont été donnés par M. Vélain; pour plus de détail, je renvoie à la description minéralogique qu'il en a donnée.

Deux types de *basalte* doivent être considérés ; l'un est à pâte compacte, finement doléritique, l'autre cellulaire est riche en phénocristaux de labrador basique de deux à trois millimètres de diamètre et pauvre en olivine ; cette dernière lave offre une grande analogie de caractères extérieurs avec celle de l'île Saint Paul qui sera décrite plus loin.

Les analyses *A* et *B*, faites par M. Raoult, sont destinées à remplacer celles publiées jadis par M. Vélain. J'y joins trois analyses (*a* à *c*) de M. Reinisch, comme indication seulement ; l'acide titanique et l'acide phosphorique n'ayant pas été dosés, des rectifications sont en effet nécessaires, particulièrement pour les teneurs en silice et en alumine qui sont trop élevées : les analyses *b* et *c* ont été faites sur une bombe, à périphérie vitreuse, rapportée d'une profondeur de 2494 mètres par un sondage effectué à 114 milles à l'Est de l'île.

A. Basalte doléritique. Hauts Plateaux. . . . . III . 5 . (3)4 . 4.
B. — à labrador. Cratère central. . . . . II(III) . 5 . 4 . (4)5.
a. — Bords de la mer.
b. Bombe basaltique (centre). Sondage. . . . . II(III) . 5 . 4 . 4.
c. — (périphérie). Sondage.

	A	*B*	*a*	*b*	*c*
SiO^2	49,62	48,20	47,68	48,24	48,48
Al^2O^3	13,30	17,87	16,67	17,41	17,52
Fe^2O^3	4,32	5,22	6,82	5,62	2,06
FeO	7,84	4,43	4,56	5,79	8,73
MgO	6,76	5,44	7,66	7,08	7,11
CaO	11,98	13,28	12,23	12,27	12,04
Na^2O	2,35	2,79	3,01	2,44	2,42
K^2O	0,79	0,51	0,72	1,01	0,96
TiO^2	2,20	1,96	n. d.	n. d.	n. d.
P^2O^5	0,23	0,21	n. d.	n. d.	n. d.
H^2O +	0,73	0,22	0,80	0,60	1,01
—	0,27	0,33			
	100,39	100,46	100,15	100,46	100,33

1. F. v. Hochstetter. *Reise d. österr. Fregatte Novara um die Erde*. Geol. Theil, 1866.
2. *Op. cit.*, p. 215.
3. Gesteine von der Bouvet-Insel, von Kerguelen, St-Paul und Neu-Amsterdam, *in Wissensch. Ergebn. deutsch. Tiefsee-Exped.* (Valdivia), Bd X. Lief. III, Petrographie II, p. 69 et *Deutsch, Süd-Polar. Exped.*, t. II, Heft V, p. 391.

Ile Saint-Paul. — La constitution lithologique de l'île Saint-Paul est plus compliquée que celle d'Amsterdam[1]. Les éruptions ont débuté par des épanchements de *rhyolitoïdes*, accompagnées de brèches et de tufs sous-marins, renfermant des ponces, de blocs de perlite et d'obsidienne.

Les échantillons de *rhyolitoïdes* que j'ai étudiés sont rouges, marbrés de blanc. L'examen microscopique y montre des microlites filiformes d'orthose avec des traînées à plus grands éléments, limitées par une bordure feldspathique dont les fibres sont perpendiculaires à la direction générale des microlites. Il s'agit là évidemment de lithophyses entièrement remplies de minéraux cristallisés. Çà et là, se perçoit une tendance à des formations sphérolitiques. La tridymite est fréquente, en grandes lames imbriquées depuis longtemps signalées par M. Vélain. Quelques petits cristaux d'une amphibole bleuâtre, non altérée, montrent que l'hématite parsemée à travers la roche est le résultat de la transformation de métasilicates ferro-sodiques.

Sur cette formation rhyolitique s'observe une roche doléritique (*labradorite*) très feldspathique, d'un gris jaunâtre, essentiellement formée par de grands cristaux de plagioclases, atteignant 5 à 6 millimètres. Ils sont très zonés, constitués au centre par de la bytownite puis par des feldspaths de plus en plus acides, mais ne dépassant guère l'andésine sur les bords. Ces feldspaths, non aplatis, sont enchevêtrés et, dans leurs intervalles, se voient des nids de gros grains ou de cristaux d'augite, accompagnés d'un peu d'andésine et de magnétite; cette structure fait penser à une roche intrusive plutôt qu'à une lave épanchée, les étiquettes de M. Vélain indiquent d'ailleurs que certains échantillons ont été recueillis dans un dyke traversant les tufs ponceux de la Baie des Manchots.

Enfin, une dernière formation basaltique est constituée tout d'abord par des *basaltes* et *labradorites* compacts, très pauvres en phénocristaux de plagioclases, formant des coulées minces, séparées par des lits de scories et par des tufs, dans lesquels M. Vélain a recueilli, à l'état libre, des cristaux nets d'anorthite et d'augite. Il existe en outre des basaltes, péridotiques ou non, d'un gris bleuâtre, un peu porphyriques, se délitant en dalles sonores. Enfin, les laves superficielles sont très feldspathiques, à texture doléritique, assez celluleuses, riches en gros phénocristaux de plagioclases vitreux (*labradorites* ou *dacitoïdes* à facies basaltiques). L'examen microscopique montre une pâte doléritique, à grain très fin, dans laquelle l'olivine ne se trouve qu'en fort petits cristaux.

En terminant, je signalerai sous forme de dykes une *sakalavite* à grain très fin, à facies basaltique, uniquement constituée par de très petits microlites filiformes de plagioclases et de minuscules grains d'augite.

1. F. v. Hochstetter. *Op. cit.* — Ch. Vélain. *Op. cit.*, p. 215. — R. Reinisch. *Op. cit.* (Valdivia), p. 64. *Deutsch. Südpolar Exped.* (Gauss.), 1909, p. 390.

Aux analyses A à D dues à M. Raoult, je joins les analyses *a* à *d*. faites par M. Reinisch ; les deux premières de celles-ci se rapportent à des *dacitoïdes* à facies basaltique, forme leucocrate des sakalavites :

A. Rhyolitoïde. Baie des Manchots. . . . . I.4.1.4.
B. Labradorite doléritique. Baie des Manchots. . . . . . . II(III).5.(3)4.(4)5.
C. Basalte à plagioclase. Intérieur du cratère.. . . . . . . II(III).5.3'.4'.
D. Sakalavite augitique. Baie des Manchots. . . . . II(III).4(5).3.4.
a. Dacitoïde à plagioclase.. . . . . II.4(5).3(4).4.
b. — pauvre en olivine. . . . . II.4(5).4.4.
c. Labradorite à olivine. Mi-hauteur sur chemin du cratère. . II.'5.4.4.
d. — *dolérique* à olivine. . . . . II.5.4.4.

	A	*B*	*C*	*D*	*a*	*b*	*c*	*d*
SiO^2.	70,92	49,96	50,28	52,54	54,01	51,70	49,63	49,72
Al^2O^3.	14,18	17,71	16,08	14,01	17,49	18,04	18,60	20,95
Fe^2O^3.	3,27	3,04	4,55	5,80	6,61	9,46	8,24	5,45
FeO.	0,69	5,91	6,71	7,52	5,60	4,47	5,33	3,50
MgO.	0,07	3,88	3,81	3,56	3,15	3,32	4,67	3,41
CaO.	0,42	12,46	10,48	7,28	7,26	8,15	9,31	12,54
Na^2O.	5,36	3,57	3,55	3,55	3,12	2,41	2,36	2,23
K^2O.	3,34	0,67	1,04	1,31	1,48	1,22	1,40	1,13
TiO^2.	0,16	1,72	2,42	2,78	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.
P^2O^5.	tr.	0,27	0,49	0,53	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.
H^2O + ...	0,93	0,45	0,43	0,68	0,93	0,94	1,00	1,32
—	0,71	0,58	0,14	0,72				
	100,12[1]	100,26[2]	100,03[3]	100,40[4]	99,65	99,71	100,54	100,25

d. — Archipel de Kerguelen.

L'Archipel de Kerguelen, situé à peu près à égale distance de l'Afrique et de l'Australie par 70° de longitude Est et 50° de latitude Sud, comprend une grande île extraordinairement découpée et creusée de fjords profonds ; elle est entourée de 130 îles plus petites ou îlots et d'environ 160 roches. L'ensemble est en partie couvert par des glaciers inexplorés. Kerguelen est inhabitée, mais elle est fréquentée par des baleiniers et des chasseurs de phoques.

Plusieurs expéditions anglaises et allemandes, effectuées en partie à l'occasion de passages de Vénus, ont apporté de nombreux matériaux lithologiques qui ont été décrits par J. Roth[5], A.-F. Renard[6] et plus récemment par M. Reinisch[7].

1. Y compris Cl 0,07.
2. Y compris Cl 0,04.
3. Y compris Cl 0,05.
4. Y compris Cl 0,06 ; MnO 0,06.
5. J. Roth, Ueber die Gesteine von Kerguelenland. *Monatsber. d. k. preuss. Akad. Wissensch. Berlin*, 1875, p. 723.
6. *Op. cit.*, p. 107.
7. *Op. cit.* (Expéd. Valdivia), p. 56 et *op. cit.* (*Deutsch, Süd-Pol. Exped.*), t. II, Heft II, 1908, p. 211.

Malgré les études de ces savants, j'ai trouvé des faits nouveaux intéressants dans l'examen d'échantillons rapportés au Muséum par M. Bossière et surtout par M. Rallier du Baty dont la dernière expédition a été interrompue par la guerre, ce qui m'a privé de documents qui promettaient d'être du plus haut intérêt, si j'en juge par les quelques fragments qui m'en sont parvenus. Ces deux voyageurs ont exploré l'Est et le Sud-Est de l'archipel, comme les explorateurs qui les ont précédés, mais ils ont visité aussi le Sud et l'Ouest qui n'étaient pas connus.

Toutes les roches recueillies en place à Kerguelen sont d'origine éruptive et surtout volcanique, à l'exception de quelques couches de lignite intercalées dans leurs tufs. De l'ensemble des observations, il résulte que l'île et ses dépendances sont essentiellement constituées par des plateaux *basaltiques* (coulées épaisses alternant avec des tufs), au milieu desquels se voient quelques crêtes *trachytiques* et *phonolitiques* qui sont antérieures au moins à certains basaltes.

A ces roches déjà connues, j'ai pu ajouter[1] des *andésites augitiques* passant à des *téphritoïdes*, un *pechstein rhyolitique* et enfin des roches intrusives, *syénites néphéliniques*, *micromonzonite analcimique* et *essexite*.

Les *basaltes* sont très feldspathiques et passent à des *labradorites* ou à des *andésites augitiques*; ils sont en moyenne assez pauvres en olivine. Chimiquement, ils ressemblent à ceux des îles Amsterdam et Saint-Paul. Il existe une grande variété de structure (basalte doléritique à structure ophitique; basalte porphyrique à grands phénocristaux zonés de labrador; basaltes pauvres en phénocristaux; basaltes à grands microlites de plagioclases dont l'orientation détermine un délit en dalles, enfin basaltes compacts), elle est due à ce que ces basaltes ont été profondément érodés par les glaciers qui, en faisant disparaître la plupart des appareils superficiels, ont mis à nu l'anatomie interne de beaucoup de coulées et de dykes. Les variétés doléritiques abondent; il existe aussi des types celluleux, très riches en zéolites et en concrétions siliceuses[2].

Les *andésites augitiques* (Baie Swain) se délitent en dalles sonores, à facies basaltique; on n'y voit que quelques petits phénocristaux de plagioclase microscopiques, épars au milieu de lamelles très aplaties d'andésine englobant de nombreuses aiguilles d'augite et des grains d'olivine. L'analyse chimique montre qu'il s'agit là d'un type de passage aux *téphritoïdes*.

Les *trachytes phonolitiques*, eux aussi très fissiles sont constitués par de grandes lames de sanidine, enveloppant des baguettes ou des aiguilles d'augite aegyrinique et

1. A. Lacroix. Sur l'existence de roches néphéliniques grenues dans l'Archipel volcanique de Kerguelen. *C. rendus*, CLX, 1915, p. 187.

2. A. Laçroix. Les zéolites et les produits siliceux des basaltes de l'archipel de Kerguelen. *Bull. soc. franç. minér.* XXXVIII, 1915, p. 134.

d'aegyrine, avec quelques grains d'olivine ferrugineuse (Baie de la Table), ou bien (Baie Laisse-Porter) des baguettes de katoforite associées à de la biotite : dans ce dernier cas, les cavités de la roche renferment de l'analcime et de l'aegyrine aciculaire. Les trachytes de la Baie de la Table sont parfois imprégnés de quartz globulaire.

Des ponces jaunâtres se rencontrent dans la baie Swain, elles ne renferment que du verre bulleux, incolore, englobant quelques rares phénocristaux de sanidine[1]. L'analyse donnée plus loin indique une haute teneur en eau, en même temps qu'un peu de silice et d'alumine virtuelles libres, aussi peut-on se demander s'il ne s'agit pas là de produits de projection des trachytes phonolitiques ou même des phonolites ayant subi un commencement d'altération.

Les *phonolites* compactes, verdâtres, sont pauvres en phénocristaux d'orthose et d'augite un peu violacée transformée sur les bords en augite aegyrinique d'un vert foncé. La pâte contient en abondance de petits prismes hexagonaux de néphéline, associés à des lamelles d'orthose; le métasilicate est de l'augite aegyrinique.

Le *pechstein* noir que j'ai étudié constitue un dyke traversant les coulées de basalte du fond de la baie de Cumberland. Au microscope, l'on constate que le verre brunâtre présente des phénomènes de biréfringence dus à la trempe, mais pas de fissures perlitiques; il englobe des sphérolites à fibres optiquement positives, avec quelques phénocristaux de feldspath et d'augite.

C'est sur la côte orientale, dans le Port d'Hiver, à une altitude d'environ 300 mètres, sur les flancs du mont Ballon, qu'ont été recueillies des *syénites néphéliniques* et une *micromonzonite analcimique*.

Les *syénites néphéliniques* sont à rapporter à deux types. L'un est caractérisé par de l'augite aegyrinique d'un vert foncé, associée à de l'orthose, faculée d'orthose sodique et à de la néphéline, avec accessoirement sodalite zircon, magnétite, biotite et un minéral peu abondant qui paraît apparenté à la hiortdahlite : cette syénite est remarquablement fraîche. Dans l'autre type, l'orthose est faculée d'albite; les éléments colorés sont la biotite et fort peu de hornblende; il existe du sphène; toute la néphéline est transformée en analcime. La structure de ces deux roches est foyaïtique, mais la néphéline existe en partie à l'état de cristaux nets, englobés dans les feldspaths et en partie à l'état xénomorphe, en plages moulant les feldspaths premier type renferme de l'analcime.

La *micromonzonite* possède une structure porphyrique; de nombreux cristaux éclatants de hornblende basaltique, un peu d'augite, d'ilménite, d'apatite et de grands cristaux automorphes de labrador sont enveloppés par de gros grains de labrador, d'orthose faculée d'albite, de hornblende et de biotite ; il existe de

1. C'est probablement la destruction de ces ponces qui donne naissance aux sables à sanidine de la même région.

l'analcime biréfringente. La composition chimique de cette roche (analyse F) en fait une variété un peu mélanocrate de la *microsyénite néphélinique* malgache dont l'analyse a été donnée sous les numéros **243** et **244** : la néphéline mise en évidence par le calcul n'est pas exprimée, l'analcime en tient lieu.

La syénite néphélinique du premier type renferme des enclaves micromonzonitiques, dont la structure manifeste une tendance microlitique : leur pâte contient plus de hornblende, moins de biotite que la roche précédente, avec, en outre, de petites aiguilles d'augite formant comme des buissons autour de la hornblende ; ce pyroxène devient particulièrement abondant près du contact de la syénite néphélinique, là où la hornblende a disparu ; il est certainement le résultat d'une action métamorphique, consécutive à l'englobement de la roche par le magma syénitique.

Sur le plateau bordant le Nord de la baie Cumberland a été recueillie une *essexite* ; de couleur foncée, elle est constituée par de l'augite, de la biotite, de la hornblende en grandes plages, intimement associées entre elles et enveloppant plus ou moins ophitiquement des cristaux de labrador que cercle de l'orthose faculée d'albite ; un peu de néphéline intersertale est transformée en muscovite ; à signaler encore une petite quantité d'ilménite et de sphène.

Les analyses suivantes ont été effectuées par M. Raoult (A à H) et par M. Reinisch (*a* à *e*).

A. *Pechstein*. Baie Cumberland	I.'4.(1)2.4.
B. *Ponce trachytique*. Baie Swain	I'.5.1'.'4.
C. *Trachyte phonolitique*. Baie Laisse-Porter	I'.5'.1(2).'4.
D. *Phonolite*. Port Greenland	I'.6.1.4.
a. — Ile Howe	I(II).'6.1(2).(3)4.
E. *Syénite néphélinique*. Mont Ballon	I'.'6.1(2).4.
F. *Micromonzonite analcimique*. Mont Ballon	II(III).6.2.4.

	A	*B*	*C*	*D*	*a*	*E*	*F*
SiO^2	68,52	57,48	58,78	55,46	53,87	56,92	48,22
Al^2O^3	12,14	16,61	19,19	21,16	20,64	20,63	16,39
Fe^2O^3	1,26	2,38	1,89	2,12	4,51	2,74	4,54
FeO	1,36	3,42	3,07	1,94	1,42	2,49	5,81
MgO	0,58	0,15	0,21	0,29	0,34	0,57	3,82
CaO	1,36	1,02	1,42	1,22	2,13	1,14	7,64
Na^2O	4,43	6,00	6,94	9,87	6,86	8,43	5,38
K^2O	3,05	4,56	5,42	5,07	6,24	4,61	3,55
TiO^2	0,18	0,58	0,18	0,34	1,10	0,24	2,72
P^2O^5	0,00	0,11	0,09	tr.	0,18	0,00	0,39
H^2O +	3,77	5,88	2,45	1,92	2,93	1,42	1,57
—	3,34	1,86	0,41	0,44		0,44	0,34
	100,07[1]	100,05	100,25[2]	100,12[3]	100,22	100,12[4]	100,37

1. Y compris Cl 0,08.
2. Y compris Cl, 0,06 ; MnO, 0,14.
3. Y compris Cl, 0,22 ; MnO, 0,07.
4. Y compris Cl, 0,49.

G. Andésite augitique passant à *téphritoïde*. Baie Swain. . . II(III).5'.3.4.
H. Sakalavite-basal à plagioclase. Baie Bailey. . . . . . II(III).(4)(5).'4.4.
b. Basalte. Mont de la Station. . . . . II(III).5.3.4'.
c. — Lac Philippi. . . . . 'III.5.3.4(5).
d. Labradorite à plagioclase. Havre de la Gazelle. . . . II'.5.4.4.
e. — compact. — . . . . . II'.5.4.4.
f. — doléritique. Lac Philippi. . . . . 'III.5.3.4(5).

	G	*H*	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*
SiO^2.	48,12	48,98	45,99	50,22	47,66	47,44	47,20
Al^2O^3.	16,66	16,34	15,91	16,20	18,66	18,36	15,29
Fe^2O^3.	3,66	4,67	11,80	3,13	10,56	12,03	9,57
FeO.	8,42	6,83	5,62	8,07	2,19	2,16	6,13
MgO.	4,29	2,98	5,43	7,54	5,07	5,77	5,90
CaO.	8,74	11,38	7,94	8,57	11,03	10,20	8,93
Na^2O.	4,20	2,56	3,89	3,36	2,82	2,22	3,61
K^2O.	1,92	1,03	1,06	1,38	1,00	1,15	0,85
TiO^2.	3,06	3,16	0,49	1,95	n. d.	n. d.	1,14
P^2O^5.	0,48	0,43	0,21	n. d.	n. d.	n. d.	0,46
H^2O + ...	0,43	0,65	1,48	0,22	1,16	1,03	1,12
—	0,22	1,21					
	100,20	100,22	99,82	100,64	100,15	100,36	100,20

Nous retrouvons ici l'association de roches néphéliniques et de basaltes calco-alcalins, semblable à celle qui caractérise la région d'Ampasindava. Mais ici il existe non seulement des roches à facies basaltique avec déficit de silice (*analyse* G), mais encore d'autres (*analyse* H) à excès de silice, passant à la sakalavite. Il est intéressant aussi de retrouver, comme à Tahiti, des intrusions de syénites néphéliniques sous une couverture épaisse de basalte.

Aucune observation précise n'a été faite jusqu'à présent sur l'âge des éruptions de Kerguelen ; il paraît seulement certain qu'il n'existe plus guère d'appareil conservé, sauf le mont Ross d'après Philippi. D'autre part, divers faits font penser que les épanchements ont une certaine antiquité[1] : en effet, la présence de roches grenues en affleurements indique une érosion assez considérable. Les renseignements que j'ai sur les conditions de gisement des roches du mont Ballon font penser à un degré d'érosion comparable à celui qui a mis au jour les roches intrusives du Massif du Piton des Neiges, à la Réunion, ou de Tahiti, plutôt qu'à celui qui caractérise le piton complètement décapé de syénite néphélinique du mont Kenya.

De plus, non seulement les basaltes de Kerguelen présentent des phénomènes d'altération intense (abondance des zéolites et des concrétions siliceuses, rappelant celles observées dans les basaltes crétacés du Nord-Ouest et de l'Ouest de Madagascar), mais le pyroxène de certains d'entre eux présente des phénomènes d'ouralitisation que je ne connais pas dans des roches tout à fait récentes.

1. Ils datent sans doute du Tertiaire ; des restes de *Cupressoxylon* ont été trouvés dans les lignites (Crié. *Paläont. Abhand.*, V, (N. F. I.). Iéna, 1889, p. 77).

c. — Ile Heard.

L'île Heard est située à environ 300 milles au Sud-Est de Kerguelen ; elle a été explorée par le Challenger et ses roches ont été étudiées par Renard[1] dont le British Museum a bien voulu me communiquer des fragments, puis par M. Reinisch[2]. Aucune expédition n'a pu aborder la petite île Mcdonald, située à l'Ouest de l'île Heard, mais il n'est pas douteux que, comme celle-ci, elle ne soit exclusivement volcanique.

Renard n'a signalé que des basaltes. Reinisch y a décrit en outre des trachytes.

Les roches basaltiques, qui paraissent être les plus anciennes, sont très feldspathiques : ce sont des *basaltes* et des *doréites* à microlites d'olivine et à facies andésitique, mais de même qu'aux îles Crozet, il existe en outre une autre lave, porphyrique et riche en olivine et en augite, seulement elle est pauvre en feldspath ou dépourvue de feldspath et elle comporte de la néphéline virtuelle ; c'est une *limburgite* ; il résulte des analyses données plus loin qu'elle oscille vers l'*ankaratrite*.

Des blocs d'une roche diabasique très altérée ont été recueillis dans le glacier, ils sont peut-être l'indication d'une venue éruptive plus ancienne.

Quant au *trachyte*, il n'a pas été vu en place, mais seulement dans les moraines, où il est accompagné de ponces ; c'est un *trachyte à acmite*, rappelant ceux des Açores.

Voici les analyses données par M. Reinisch (*a* à *d*) et une autre (A) faite par M. Raoult :

A *Doréite.*	Dans moraine. . .	II.5.(2)3.(3)4.
a. *Basalte.*	Mont Drygalski. . .	(II)III.5.3.4.
b. *Limburgite.*	Dans moraine. . .	III(IV).5(6).3.4[2.3.2.2].
c. —	— . . .	III(IV).'6.3(4).4[2.3.2.2].
d. *Trachyte à acmite.*	— . . .	(I)II.5.1'.4.

	A	*a*	*b*	*c*	*d*
SiO^2.	50,34	46,36	44,71	43,01	60,12
Al^2O^3.	16,63	16,70	11,24	12,23	17,67
Fe^2O^3.	2,39	7,53	5,48	3,57	3,75
FeO.	7,44	6,23	8,21	12,07	3,40
MgO.	3,92	5,84	14,32	13,62	0,53
CaO.	8,20	9,77	10,22	10,17	2,40
Na^2O.	3,86	3,22	2,50	2,26	6,78
K^2O.	3,22	1,12	1,01	0,95	4,43
TiO^2.	3,18	1,88	2,00	1,51	»
P^2O^5.	0,66	0,58	0,37	0,40	»
H^2O.	0,51	0,35	0,21	0,16	0,49
	100,35	99,58	100,27	99,95	99,57

Les roches de l'île Heard sont beaucoup plus fraîches que celles de Kerguelen, ce qui peut faire penser qu'elles sont plus récentes, mais, pas plus que celles de cette île, elles ne peuvent être datées.

1. *Op. cit.*, p. 142.
2. *Op. cit.* (Expéd. Gauss). Bd. II, Heft III, p. 253.

f. — Comparaisons et analogies.

En résumé, toutes les îles du Sud de l'Océan Indien sont essentiellement basaltiques.

Les îles Marion, Crozet et Amsterdam ne renferment que des *basaltes*, mais l'île Heard contient en outre des *trachytes*, l'île Saint-Paul des *sakalavites* passant à des *dacitoïdes* et des *rhyolites*; Kerguelen a une composition beaucoup plus complexe, puisqu'en plus des *basaltes*, elle contient des *trachytes*, des *phonolites*, des *rhyolites* (pechstein) et un cortège de roches alcalines grenues (*syénites néphéliniques*, etc.).

Le tableau suivant résume ces diverses données :

	I. MARION ET CROZET	I. AMSTERDAM	I. SAINT-PAUL	I. KERGUELEN	I. HEARD
Rhyolites . . .	»	»	I . 4 . 1 . 4.	I . '4 . (1)2 . 4.	»
Sakalavites. . .	»	»	II(III).4(5).3.4. II 4(5).3(4).4.	II(III).(4)(5).'4.4.	»
— passant à *dacitoïdes*. . .	»	»	II . 4(5) . 4 . 4.	»	»
Doréite. . . .	»	»	»	»	II . 5 . (2)3 . (3)4.
Labradorites. .	» »	» II(III).5.3'.4'.	II . '5 . 4 . 4. II(III) . 5 . (3)4 . (4)5.	II' . 5 . 4 . 4. II(III) . 5 . 3 . 4'.	» »
Basaltes. . . .	II(III) . 5 . 3 . 4(*a*) III . 5 . 3 . 4 . (*a*)	III . 5 . (3)4 . 4.	II(III) . 5 . 3' . 4'.	II(III) . 5 . 3 . 4. 'III . 5 . 3 . 4(5).	(II)III . 5 . 3 . 4 .
Basaltes-basanitoïdes. . . .	II(III) . 5' . 3(4) . 4. II(III).5(6).3(4).4'.	» »	» »	II(III) . 5' . 3 . 4. »	» »
Limburgites passant à *ankaratrites*.	»	»	»	»	III(IV) . 5(6) . 3 . 4 [2 . 3 . 2 . 2]. III(IV) . '6 . 3(4) . 4 [2 . 3 . 2 . 2].
Basanitoïde mélanocrate. . .	(III)IV [6 . 3(4) . 4] 1(2) . 2 . 2' 2.	»	»	»	»
Trachytes. . .	»	»	»	I' . 5 . 1' . 4'. I . 5' . 1(2) . '4.	(I)II . 5 . 1' . 4.
Phonolite. . .	»	»	»	I(II) . '6 . 1(2) . (3)4. I' . 6 . 1 . 4.	»
Syénite néphélinique. . . .	»	»	»	I' . '6 . 1(2) . 4.	»
Micromonzonite analcimique. .	»	»	»	II(III) . 6 . 2 . 4.	»
Essexite. . . .	»	»	»	[II . 6 . 2 . 4] (*b*).	»

a. I. Marion. — *b*. Non analysée.

Quelques mots maintenant sur les caractéristiques de ces roches. En général, les laves basaltiques sont très feldspathiques, de telle sorte qu'elles constituent souvent des *labradorites* plutôt que de véritables *basaltes* (premier paramètre II ou (II)III et rarement III). Les types sans excès ni déficit de silice sont les plus fréquents. La structure doléritique est souvent réalisée, de même que des variétés riches en grands phénocristaux de plagioclases zonés, dans lesquels prédominent le labrador et la bytownite.

Les roches basaltiques à excès de silice ne se trouvent qu'à l'île Saint-Paul ; ce sont des *sakalavites* passant aux *dacitoïdes*[1] ; elles sont associées aux types précédents.

Les basaltes à déficit de silice, passant aux *basanitoïdes* (*limburgites*), sont caractéristiques de l'île Crozet et de l'île Heard ; il est remarquable de constater que ce sont eux seulement qui sont associés à des types basaltiques très mélanocrates, ceux-ci passent à l'*ankaramite* (Ile Crozet) ou à l'*ankaratrite* (Ile Heard).

Une *andésite augitique*, passant à la *téphritoïde*, paraît exceptionnelle et n'a été observée qu'à Kerguelen. Un autre type, comparable à certaines variétés de *doréite*, se trouve à l'île Heard.

Les *trachytes* des îles Heard et Kerguelen sont caractérisés par des pyroxènes plus ou moins sodiques ; ils ont un caractère phonolitique et sont associés, à Kerguelen, à de véritables *phonolites*.

Je ne reviendrai pas sur les roches grenues à néphéline qui ne sont réalisées qu'à Kerguelen.

L'ensemble de ces roches présente une grande analogie avec celles de Madagascar ; tous ces types en effet sont réalisés dans la Grande Ile.

Les *sakalavites-dacitoïdes* de Saint-Paul sont apparentées aux sakalavites malgaches, mais en général leur teneur en éléments blancs est plus grande.

Les *labradorites* à grands cristaux de labrador, particulièrement fréquentes à Amsterdam et à Saint-Paul, sont remarquablement analogues à celles de l'Etang Salé à la Réunion et à celles de l'Ankaratra.

Les *trachytes phonolitiques* décrits plus haut rappellent ceux de l'Ankaratra et de l'Ankaizina.

Les *phonolites* à aegyrine de Kerguelen appartiennent au même type que celles de l'Ankitsika. Enfin la *syénite néphélinique* de Kerguelen est tout à fait comparable à quelques-unes de celles d'Ampasindava et les *monzonites analcimiques*, à la néphéline près, rappellent quelques-unes des monzonites de cette même région.

1. Des roches analogues ont été signalées par Reinisch (*Exped. Valdivia*, 1908, Bd. X, Lief. III), aux îles Bouvet, situées à quelque 40° au Sud-Ouest des îles Crozet. Leur formule magmatique est en effet II.(4)5.3'.4 et II(III).5.3.4'.

On peut remarquer encore l'analogie de l'ensemble des laves de Saint-Paul avec celles de plusieurs des centres volcaniques de l'Ouest de Madagascar, où sont associés des épanchements de basaltes, de sakalavites et de rhyolites, mais il faut noter qu'à Madagascar l'ordre d'apparition de ces roches est inverse; les sakalavites sont postérieures aux laves basaltiques, tandis qu'à Saint-Paul, les éruptions ont débuté par l'émission des rhyolites.

L'association de roches intrusives néphéliniques à des basaltes calco-alcalins et à des phonolites est la reproduction de ce qui caractérise la province d'Ampasindava et aussi Tahiti. Le degré d'érosion se rapproche davantage de celui de Tahiti, mais semble être moins accentué.

Au point de vue théorique, les observations qui viennent d'être consignées sur Kerguelen sont intéressantes pour la discussion des vues de M. Daly[1] qui, on le sait, considère les roches alcalines comme résultant d'une différenciation consécutive à la digestion de sédiments calcaires par un magma basaltique. Si, en effet, la province d'Ampasindava renferme, en même temps que des grès liasiques, des bancs calcaires du même âge, si Tahiti se dresse de l'Océan au milieu de formations coralliennes, il n'en est plus de même pour Kerguelen qui ne renferme aucun sédiment et qui est perdue dans un océan à une latitude excluant la possibilité de l'existence de formations coralliennes du genre de celles des îles de la Société.

B. — *Afrique orientale.*

C'est surtout dans l'Afrique orientale, si riche en régions volcaniques, que doivent être cherchées des analogies lithologiques avec Madagascar.

De remarquables correspondances géographiques peuvent être remarquées dans les contours de ces deux pays[2]. La côte orientale de Madagascar, limitée par des failles qu'accompagnent des épanchements volcaniques, est sensiblement parallèle à la direction moyenne de la côte africaine, du cap Guardafui à la colonie du Cap. La côte Nord-Ouest de la Grande Ile est presque parallèle à la partie de la côte africaine comprise entre Mozambique et Beira. Enfin, un parallélisme peut être relevé aussi entre le milieu de la côte occidentale de Madagascar, la grande ligne tectonique longeant le lac Nyassa et son prolongement sur la côte africaine, de Beira au cap Corrientes.

1. *Bull. geol. Soc. America*, t. 21, 1910, p. 87 et *Igneous rocks and their Origin*, 1914, p. 412.
2. J.-W. Gregory. *The Rift Valleys and geology of East Africa*. London, 1921, p. 307, cf. carte 1.

Une première analogie lithologique peut être relevée non loin de la côte au mont Jombo, à environ 70 kilomètres au Sud-Ouest de Mombasa[1]. Une *syénite néphélinique* associée à une *ijolite* est intrusive dans des grès qui sont probablement jurassiques ; ces mêmes formations sédimentaires sont, en outre, traversées par des dykes camptonitiques. Ce sont là les conditions de gisement des roches de la série néphélinique de la province d'Ampasindava.

Le grand accident de l'écorce terrestre qui, sur plus de 52° de latitude, s'étend, du Liban à la Colonie du Cap, avec une direction moyenne Nord-Sud, mais avec des oscillations variant du Nord-Est au Nord-Ouest, est caractérisé, sur une partie de son parcours, par d'importants épanchements volcaniques. Laissant pour l'instant de côté les volcans situés au Nord du lac Rodolphe (Abyssinie, Somalis, etc.), je ne m'occuperai dans ce paragraphe que de ceux du grand Fossé de l'Afrique orientale ; ce sont les moins éloignés de Madagascar.

Ce Fossé est une longue dépression résultant de l'effondrement d'une bande de terrain limitée par des séries de failles étagées ; on y trouve, çà et là, quelques horsts restés en saillie. Le long de l'axe du Fossé, s'est manifestée une grande activité volcanique. Bien qu'il se soit produit des épanchements dans la zone effondrée elle-même (région des lacs Baringo et Naivasha ; Mont Suswa, etc.), les centres éruptifs les plus importants se trouvent sur le plateau qui la borde : Kenya ; Kilima Ndjaro, Meru, etc., à l'Est ; mont Elgon, etc., à l'Ouest.

M. Gregory a étudié la succession des éruptions liées à la production de ce Fossé qu'il a popularisé sous le nom de *The Great Rift Valley*. Partout le substratum des roches volcaniques y est constitué par des schistes cristallins et des granites. D'après lui, les éruptions ont commencé par l'épanchement des phonolites des plaines de Kapiti et du plateau de Yatta. M. Gregory les parallélise, au point de vue de l'âge, avec les intrusions syénitiques du mont Jombo et avec les immenses nappes basaltiques du Deccan. Ces épanchements ne sont pas plus anciens que le Crétacé et datent probablement de la fin du Crétacé ; ils sont ainsi contemporains de l'effondrement de l'Océan indien. Ils constituent la *Kapitian series* de M. Gregory.

Dans le massif du Kenya, où la succession des éruptions a été particulièrement bien étudiée, aux phonolites ont succédé une lave spéciale, la *kenyte*, et la *syénite néphélinique* constituant le pic central de ce volcan très érodé. Les dernières roches épanchées sont des *basaltes*.

Du même âge seraient les *kenytes* et les *basaltes* du Kikuyu, région située plus au Sud et ceux de Settima, ainsi que les *augitites* de Ngong (*Doynian* de Gregory).

1. J.-W. Gregory. The nepheline syenite and camptonitic dykes intrusive in the coast series of British East Africa. *Quaterl. J. of geol. Soc. London*, t. LVI, 1900, p. 223.

C'est à la suite de la mise en place de ces roches que, sur les plateaux, se sont produites les premières failles de la Rift Valley (*Nyasan* = Oligocène). Après une longue période de repos et de dénudation, la reprise de l'activité s'est faite par des éruptions de *rhyolites* et de *trachytes* (Kikuyu). Un nouveau repos a permis au lac Victoria Nyanza dont le niveau était alors plus élevé qu'aujourd'hui de laisser déposer les alluvions à *Dinotherium hobleyi* du Miocène inférieur.

Pendant la période suivante (*Laikitian*), se sont épanchés tout d'abord des *basaltes* et des *basanites*, puis des *trachytes phonolitiques* (Mau, Londiani, Laikitia, Kikuyu), et enfin des *rhyolites* (Kikuyu Scarp).

Plus tard (*Naivashan*) se sont produites les grandes éruptions pré-pléistocènes des *néphélinites* du mont Elgon et de Kavirondo et, dans le Fossé, des *comendites* et des *kenytes* du lac Naivasha, accompagnées de quelques *basaltes*.

La Rift Valley s'est alors élargie, par suite de la production de failles nouvelles, et, au fond de cette grande dépression, se sont édifiées des montagnes volcaniques, *trachytiques* et *basaltiques* (Suswa ; Longonot, près du lac Naivasha ; Menengai) ; ces éruptions se sont prolongées pendant tout le Pliocène et le Pléistocène, jusqu'à l'époque actuelle. Le volcan Teleki, au Sud du lac Rodolphe, seul, est encore en activité intermittente.

Tout ce qui vient d'être dit se rapporte à l'Afrique orientale britannique, c'est-à-dire à l'Est et au Nord-Est du lac Victoria Nyanza, mais à l'Est-Sud-Est du lac, dans l'ancienne Afrique orientale allemande, il existe aussi de grands centres volcaniques, mais ils sont plus localisés.

Les éruptions y ont débuté par l'émission des laves *basaltiques* de la plaine de Zerengeti et des Giant Caldron Mountains, à l'Ouest du Kilima Ndjaro. M. Gregory les considère comme contemporaines de celles qui ont fourni les *basaltes* miocènes (*Laikipian*) de l'Afrique orientale britannique.

Suivant M. Jäger[1], ces basaltes sont recouverts par des *néphélinites* et des *ankaratrites* (contemporaines des laves du mont Elgon?) ; celles-ci par des *phonolites*, puis par des *kenytes* (Pliocène?).

Dans le massif du Kilima Ndjaro, cet ordre de succession est renversé ; les *kenytes* sont antérieures aux *néphélinites* et aux *basanites* ; il faut distinguer deux parties plus anciennes (le Shira d'abord, puis le Mavenzi, présentant le même degré d'érosion que le Kenya) et une partie plus récente, le Kibo, à cratère conservé (5 930 mètres). L'activité éruptive est aujourd'hui localisée à l'Ouest-Nord-Ouest du Kilima Ndjaro, dans le volcan Doinyo Ngai dont les laves paraissent être des *ankaratrites* ou des *basanites*.

1. F. Jaegar. Das Hochland der Riesenkrater, und die umliegenden Hochländer deutsch-Ostafrika. *Mitt. deutsch. Schutzgeb. Ergzht.*, N° 8, III, 1913, p. 144.

Le Meru[1], en activité solfatarienne, situé au Sud-Ouest du Kilima Ndjaro, présente une constitution lithologique analogue : *kenyte, téphrite leucitique*, puis *néphélinite* ou *ankaratrite*, etc.

Notons enfin que la branche occidentale de la Great Rift Valley, se développant à l'Ouest du lac Victoria Nyanza, est aussi volcanisée dans la région du lac Kivu[2], jusqu'au pied du Ruvenzori. Il n'existe plus de volcans actifs qu'au Nord de ce lac; ils fournissent des laves basiques *leucitiques* ou *néphéliniques*, mais elles ont été précédées par l'émission de *trachytes*, de *shoshonites*, de *basaltes*, etc.

Comparaison avec Madagascar. — De ce long exposé, il résulte que sur de larges surfaces, dans l'Afrique orientale, l'activité éruptive a suivi une marche parallèle à celle de Madagascar et de ses dépendances, où elle a débuté au Crétacé inférieur, lors de l'effondrement de l'Océan Indien; elle s'y est prolongée, en se déplaçant, jusqu'à l'époque actuelle, où il n'existe plus qu'un seul volcan actif, celui de la Grande Comore. Il n'est pas encore possible d'apporter dans la chronologie des éruptions de la Grande Ile autant de précision relative qu'a pu le faire M. Gregory pour le continent africain.

A Madagascar, comme dans la région du Kilima Ndjaro, les premiers épanchements paraissent avoir été partout basaltiques. Dans les régions de l'Ouest, où abondent des roches alcalines, les types leucocrates ont toujours été précédés par des types basiques, contrairement à ce qui a été observé dans la région du Kenya, où les premières éruptions ont été phonolitiques.

Ces données géologiques étant posées, je vais passer rapidement en revue les roches de ces diverses régions africaines[3].

a. — Afrique orientale anglaise (Massif du Kenya, etc.).

Les roches de cette région ont été étudiées par M. Gregory[4], par M. Prior[5] et plus récemment par Miss Agnes T. Neilson[6]. Je puis ajouter à leurs observations quelques remarques personnelles, grâce à M. Alluaud qui m'a remis une série

1. B. Mauritz. Über einige Gesteine des Vulcans Meru in Ostafrica. *Tschermak's m. u. p. Mitt.*, . XXVII, 1908, p. 315.

2. Herrmann. Das Vulkangebiet des zentralafrikanischen Grabens. *Mitt. deutsch Schutzgeb...*, t. XVII, 1904, p. 42, et Schumacher. Bilder aus dem zentralafrikanischen Vulcangebiet am Kivu See. *Zeitsch. Vulcanologie*, t. I, 1915, p. 202.

3. Au moment du tirage, j'ai connaissance d'un ouvrage : E. Krenkel . *Die Bruchzonen Ostafrikas*. 1922, qui renferme un résumé de la géologie de l'Est africain accompagné d'une copieuse bibliographie.

4. J.-W. Gregory. The Geology of Mount Kenya. *Quaterly Journal. Geol. Soc. London*, t. LVI, 1900, p. 205.

5. G.-T. Prior. Contributions to the Petrology of British East Afrika. *Min. Magaz. London*, t. XIII 1903, p. 228.

6. *In* Gregory : *The Rift Valley and Geology of East Africa*, p. 388-405.

de roches recueillies par lui dans ce massif et qui ne correspondent pas toutes aux types précédemment décrits. M. Gregory a bien voulu en outre me donner plusieurs échantillons de ses récoltes et M. Prior m'en a communiqué d'autres provenant de diverses collections conservées au British Museum.

Phonolites. — Les phonolites du Kenya font partie d'une série lithologique largement développée dans l'Afrique orientale britannique et qui s'étend depuis des *pantellérites* jusqu'aux *phonolites*. Toutes ces roches ont des minéraux communs : l'anorthose, des pyroxènes sodiques (augite aegyrinique, plus fréquente que l'aegyrine), amphiboles sodiques (cossyrite, katophorite, riebeckite).

Parmi ces phonolites M. Prior a distingué trois types. Dans le premier, la néphéline constitue de gros phénocristaux associés à de l'anorthose : des variétés sont caractérisées par la manière dont les pyroxènes et les amphiboles sodiques, poecilitiques au milieu des microlites d'anorthose et de néphéline de la pâte, sont distribués dans celle-ci, d'une façon uniforme (Losuguta), ou bien par taches [celles-ci constituant parfois des pseudo-phénocristaux ; dans ce dernier cas, l'amphibole principale est de la riebeckite (Kamasia)]. Il existe aussi quelques phonolites (district de Nandi) dont le minéral coloré est uniquement pyroxénique (augite ægyrinique vert d'herbe) et qui sont par suite dépourvues d'amphibole ; elles contiennent de la noséane et du sphène qui manquent dans les autres types ; elles sont peu feldspathiques et très néphéliniques (*analyse* C).

Un second type ne renferme que de petits cristaux de néphéline qu'entourent les minéraux colorés ; ces phonolites qui rappellent celles des Canaries sont regardées par M. Prior comme caractéristiques du Kenya.

Enfin, dans un dernier type, la néphéline n'existe qu'à l'état de microlites.

Trachytes phonolitiques. — A ces phonolites sont associés des trachytes phonolitiques qui se distinguent des roches précédentes par l'absence de néphéline. M. Prior les compare aux trachytes à acmite des Açores et du Siebengebirge. La collection de M. Alluaud renferme une roche de ce genre (flanc Ouest du Kenya, 4 500^{m} altitude) verte, à aspect nettement phonolitique, elle est presque entièrement dépourvue de phénocristaux. Son grain est extrêmement fin ; un pyroxène vert clair et de l'olivine, en très fins granules, sont distribués au milieu de microlites fort petits de feldspaths alcalins ; de nombreuses plages cristallitiques de cossyrite parsèment la roche (*analyse* B).

Un autre échantillon, provenant du Kikuyu Escarpement (alt. 1 700^{m}), est gris, cellulaire et holocristallin, son aspect est trachytique : de nombreux phénocristaux d'anorthose sont enveloppés dans une pâte miarolitique de gros microlites du même feldspath moulés par fort peu de katophorite : cette roche, très leucocrate, renferme aussi une petite quantité de phénocristaux d'olivine (*analyse* A).

Enfin, en dehors du Kenya encore, M. Prior a signalé des trachytes quartzifères dont le métasilicate est de l'augite verdâtre ; un peu de quartz moule poecilitiquement les feldspaths (Kikuyu).

Comendites. — Dans des comendites du lac Naivasha, il n'existe plus de pyroxène, mais de la riebeckite qui, à Gilgil, est remplacée par de la katoforite. M. Gregory a recueilli dans la Njorowa Gorge une roche microgranitique contenant riebeckite, aegyrine et cossyrite ; il la considère comme une *paisanite*. Il existe aussi des variétés sphérolitiques ou vitreuses de ces diverses roches.

Pantellérites. — Enfin, des obsidiennes noires qui me semblent devoir être rattachées aux pantellérites ont été signalées au lac Navaisha et plus au Nord-Ouest, au lac Nakuru (quelques phénocristaux d'olivine, d'aegyrine et d'anorthose dans un verre incolore, avec taches brunes, renfermant des cristallites de feldspath et de pyroxène) (*analyse e*).

Kenytes. — La principale caractéristique du Kenya réside dans la présence de la roche spéciale que M. Gregory a appelé *kenyte*. Elle renferme de grands phénocristaux d'anorthose, à fines macles microscopiques ; ils sont accompagnés de cristaux corrodés plus petits du même feldspath, avec des phénocristaux d'olivine et de diopside vert pâle quelquefois bordé d'aegyrine. Ces cristaux sont distribués dans une pâte compacte, brune ou noire, se résolvant au microscope en un verre brun, attaquable par l'acide chlorhydrique et renfermant plus ou moins de microlites d'anorthose et de pyroxène. Il existe des variétés obsidienniques et d'autres, à pâte très cristalline, dans lesquelles les microlites aplatis d'anorthose sont entourés par de petits grains d'aegyrine, de katoforite, de magnétite ; ce sont ces variétés que M. Alluaud a recueillies sur le flanc occidental de la montagne entre 4 000 et 4 800 mètres d'altitude.

Syénite néphélinique. — J'ai pu examiner un petit fragment de la syénite néphélinique décrite par M. Gregory et constituant le piton central du Kenya. Elle est formée par de grands cristaux d'anorthose, maclés suivant la loi de Carlsbad, un peu aplatis suivant g^1 ; ils englobent des cristaux automorphes de néphéline, d'olivine ferrugineuse et de pyroxène gris verdâtre, parfois bordés d'augite aegyrinique ; les minéraux colorés et des cristaux de néphéline sont enveloppés poecilitiquement par de grandes plages d'une amphibole katoforitique brune et d'aenigmatite, en partie postérieures au feldspath. Çà et là, il existe un peu de magnétite, de cristaux d'apatite et, dans l'intervalle des feldspaths, de petites baguettes d'aegyrine, avec parfois de la néphéline (*analyse* D).

Microsyénites néphéliniques. — Sur le flanc occidental du Kenya, à l'altitude de 4 800 mètres, M. Alluaud a recueilli deux roches différant de celles qui ont été décrites jusqu'ici dans cette montagne.

La première renferme de gros prismes de néphéline rosée et des cristaux

d'anorthose blanche, mesurant un centimètre de plus grande dimension et régulièrement distribués dans une pâte grise, finement grenue. Au microscope, celle-ci se résout en grandes lames aplaties d'anorthose riches en inclusions de sodalite. Ce feldspath, à structure micrograntique, est moulé poecilitiquement par une amphibole katoforitique brunâtre, mais presque incolore en lames minces; un peu de lavénite présente la même structure. Il faut signaler encore de nombreuses baguettes d'apatite et de la magnétite, ainsi que de grands squelettes formés par un pyroxène vert jaunâtre, obscurci par une fine poussière de magnétite; il paraît constituer des pseudomorphoses d'une amphibole disparue. Ces roches sont des microsyénites néphéliniques (dyke ou coulée épaisse) ayant la même composition chimique que la syénite néphélinique (*analyse E*).

D'autres échantillons dont la pâte est à plus gros grain renferment de la néphéline moulant les feldspaths aplatis : le minéral coloré dominant est de la biotite en fort petites lamelles.

Tahitites. — Les microsyénites sont associées à une autre roche, à pâte noirâtre, dans laquelle des phénocristaux de néphéline rosée et de feldspath blanc, plus petits et moins nombreux, sont distribués au milieu de lamelles d'anorthose criblées de petits grains de magnétite, de pyroxène incolore et de lamelles de biotite. Localement les feldspaths ont une tendance à se grouper en sphérolites. On verra plus loin que par sa composition chimique (*analyse F*), cette roche, bien que dépourvue de plagioclases exprimés, est à rapporter aux tahitites dont elle semble être une forme hétéromorphe, néphélinique, à anorthite dissimulée.

M. Prior a décrit, sous le nom de phonolite, une roche recueillie à l'état de blocs dans les tufs du mont Elgon; elle renferme de grands cristaux de néphéline, de mélanite, de sphène et me paraît ressembler d'étrange façon à la tahitite du mont Ankitsika (page 29). Cette roche, qui n'a malheureusement pu être analysée, est associée à des enclaves homoeogènes grenues formées d'augite, de perowskite, d'apatite et de biotite, à comparer à la jacupirangite.

Je donne ci-contre les analyses, dues à M. Prior (*a* à *c*) et celles (*A* à *F*) que j'ai fait faire par M. Raoult.

A. Trachyte phonolitique. Kikuyu Escarpement..	I(II).5.1.4.
B. — Flanc Ouest Kenya.	(I)II.5.1.4.
a. Phonolite. Mont Höhnel (Kenya).	'II.5(6).1.(3)4.
C. — . Seget River (Distr. Nandi).	II.6'.(1)2.4.
D. Syénite néphélinique. Pic central Kenya.	II.(6)7.1.4.
b. Kenyte. Mont Höhnel.	I(II).'6.1.'4.
c. — Teleki Valley (Kenya)..	'II.6.1.4.
E. Microsyénite néphélinique. Flanc Ouest Kenya. . . .	II.(6)7.1.4.
F. Tahitite néphélinique. —	(I)(II).6.(1)2.4.

A ces roches, il faut ajouter les deux suivantes provenant de l'intérieur du Fossé, à l'Ouest du Kenya [*d* et *e* Prior ; *f* (Galdschlag)].

d. Pantellérite vitreuse.	Lac Navaisha.	II.(3)4.1.'3.
e.	—	Lac Nakuru..	II(III).4'.1.3.
f.	—	Lumbwa [1].	II(III).4.1.4.

	A	*B*	*a*	*C*	*D*	*b*	*c*	*E*	*F*	*d*	*e*	*f*
SiO^2.. . .	62,54	59,28	58,37	49,48	51,64	53,80	53,98	51,92	54,44	70,61	64,00	64,04
Al^2O^3. . .	15,85	17,20	16,65	19,68	19,12	18,46	19,43	18,72	20,65	8,59	10,43	8,43
Fe^2O^3. . .	3,66	5,33	4,09	2,41	3,03	6,22	4,39	6,01	4,79	2,52	6,30	5,69
FeO.. . .	2,62	2,37	3,03	4,16	4,20	0,40	2,05	1,41	2,25	5,96	3,86	3,79
MgO. . .	0,36	0,36	0,37	1,33	1,29	1,05	1,07	1,79	1,28	0,07	0,34	4,71
CaO.. . .	1,46	1,84	1,66	5,82	2,94	2,53	2,04	2,42	2,58	0,61	1,45	0,40
Na^2O. . .	6,12	7,37	7,28	2,28	9,46	7,09	8,81	10,19	7,74	6,77	7,59	6,67
K^2O.. . .	5,07	4,84	5,46	4,13	4,37	5,46	5,27	4,27	4,67	4,46	4,59	1,58
TiO^2.. . .	1,07	0,22	0,21	1,64	1,58	0,31	0,57	1,48	1,02	0,15	0,78	tr.
P^2O^5. . .	0,13	»	0,08	0,39	0,33	0,53	0,30	0,48	0,42	»	»	tr.
H^2O +.. .	0,59	0,98	1,40	2,44	1,63	3,54	1,66	1,11	0,53	0,10	0,17	3,76
—.. .	0,45	0,51	0,96	0,35	0,39	0,85	0,13	0,08	0,21			
MnO.. . .	»	»	0,43	0,09	0,19	0,33	0,26	»	»	0,34	0,37	tr.
	100,01 [2]	100,30	99,99	100,21 [3]	100,27 [4]	100,57	99,96	99,68	100,14 [5]	100,18	99,88	99,07

L'ensemble de ces roches constitue une série très homogène, caractérisée par l'abondance des alcalis, avec prédominance de la soude et une haute teneur en fer, se maintenant à travers de grandes variations de silice, puisque ces roches vont des pantellérites à des phonolites riches en néphéline. Il faut signaler la rareté des molécules d'anorthite dont la proportion ne devient sensible que dans la tahitite.

On voit que les kenytes ne diffèrent, au point de vue chimico-minéralogique, des phonolites analysées qu'en ce qu'elles sont plus riches en néphéline virtuelle, bien que ce minéral ne soit pas exprimé minéralogiquement. Par contre, ces analyses montrent aussi combien était justifiée l'opinion jadis formulée par M. Gregory, à savoir que la kenyte représente la forme d'épanchement de la syénite néphélinique. Ces considérations font voir aussi qu'il n'est pas légitime de ranger la kenyte parmi les trachytes, comme cela est fait généralement, mais qu'elle doit être considérée comme une forme hétéromorphe des phonolites.

L'obsidienne du lac Nakuru est à comparer à celle de Fantalé (Afar) dont

1. M. Galdschlag. Beiträge zur Kenntniss der Geologie und Petrographie Ostafrika. *Centralbl. f. min. geol...*, 1912, p. 586. Cette note renferme l'analyse de 3 roches basiques néphéliniques de l'Ouest du lac Victoria-Nyanza (chemin de fer de l'Uganda).
2. Y compris Cl 0,04 ; SO^3 0,08.
3. Y compris Cl 0,11 ; SO^3 0,06 ; CO^2 0,34.
4. Y compris Cl 0,09.
5. Y compris Cl 0,08 ; SO^3 0,08.

l'analyse est donnée page 273. Celle-ci est seulement un peu plus siliceuse et son caractère mélanocrate est plus accusé. La proportion de silice libre virtuelle que met en évidence le calcul doit faire considérer ces deux roches non point comme des phonolites (Prior), mais comme des pantellérites ; elles jouent dans ce groupe lithologique le même rôle que les sakalavites vis-à-vis des dacites.

Comparaison avec les roches malgaches. — J'en arrive maintenant à la comparaison de ces roches avec celles de Madagascar. On doit les rapprocher de la portion dépourvue d'anorthite de la série lithologique de la province d'Ampasindava, avec cette réserve qu'en moyenne les roches africaines sont plus riches en alcalis et en fer ; on y remarque en outre l'absence, dans les termes riches en silice, des types plus potassiques que sodiques fréquents à Madagascar. Il serait utile d'étudier, au point de vue chimique, les comendites du lac Naivasha dont la description me paraît indiquer une certaine analogie avec les trachytes quartziques à riebeckite de Marovitsika dans l'Ankaratra (*analyse* **315**).

Les trachytes phonolitiques et certaines phonolites du Kenya sont à rapprocher minéralogiquement, structurellement et chimiquement, des sölvsbergites d'Andrahibo (*analyse* **205**) et de Nosy Kivongy (*analyse* **220**), dans lesquelles cependant la proportion de la néphéline est un peu moindre.

La composition chimique de la kenyte est fort analogue de celle de la phonolite d'Anfiky (*analyse* **334**), mais, en moyenne, les phonolites malgaches sont un peu moins ferrugineuses que les roches similaires africaines.

Quant aux tahitites du Kenya, elles sont chimiquement comparables à celles du Bekotapo (*analyse* **341**) qui est toutefois un peu plus riche en anorthite.

En dehors de la province d'Ampasindava, on peut encore comparer la continuité de la série pantellérites-phonolites africaine à la série trachytes alcalins-phonolites de l'Ankaratra, mais celle-ci est un peu moins riche en alcalis.

Série basaltique. — Dans l'Afrique orientale anglaise, les roches alcalines qui viennent d'être passées en revue prédominent de beaucoup sur les laves basiques. Celles-ci sont assez variées, d'après les observations de MM. Gregory et Prior, malheureusement aucune analyse n'en a été donnée et je n'ai trouvé dans la collection de M. Alluaud qu'un échantillon minuscule de labradorite à plagioclases (Kikuyu) trop imprégné de calcite pour pouvoir se prêter à une analyse. Des descriptions minéralogiques données, il résulte qu'il existe des basaltes (et labradorites), plus ou moins feldspathiques, passant à des types dépourvus de feldspath. Toutes ces roches sont riches en augite titanifère et la description de M. Prior me

suggère une comparaison avec les laves du Massif de l'Itasy ; ce sont vraisemblablement, au moins en partie, des *basanitoïdes* et les roches dépourvues de plagioclases, des *limburgites* dans le sens que j'attribue à ce terme. D'ailleurs Miss Agnes T. Neilson vient de décrire des *téphrites* et des *basanites* dans lesquelles la néphéline est exprimée. Les roches dépourvues de feldspath, qui ont été observées en dehors du Kenya (mont Elgon et district de Nandi) et dans lesquelles M. Prior a signalé la perowskite, l'augite ægyrinique aciculaire et la néphéline, accompagnée ou remplacée par la mélilite, sont des *néphélinites* ; peut-être faut-il rattacher aux *ankaratrites* les roches un peu néphéliniques décrites par Miss Agnes T. Neilson sous le nom d'augitite (lac Magadi ; Ngong).

b. — **Massif du Kilima Ndjaro.**

Les roches de ce massif volcanique ont été décrites par M. Hyland[1], puis par M. Finckh[2]. J'ai étudié une série d'échantillons recueillis par MM. Alluaud et Jeannel, à la base Sud-Ouest de la partie la plus récente du Massif, le Kibo, entre 4 et 5 000 mètres d'altitude et sur le bord du glacier ; d'autres proviennent de Kiboscho, dans la zone des cultures à 1 350 mètres.

Kenytes. — Les laves dominantes sont des kenytes, offrant un aspect spécial qui les a fait désigner sous le nom de *Rhombenporphyr*[3], par analogie avec ceux de Norvège. Elles sont en effet caractérisées par des phénocristaux d'anorthose de plusieurs centimètres, différant de ceux du Kenya en ce qu'ils sont de la forme m, p, $a^{1/2}$, comme ceux des *rhombenporphyres* norvégiens ; leurs clivages ont la forme rhombe caractéristique de ceux-ci[4]. Ils sont accompagnés de phénocristaux plus petits d'olivine, de diopside, avec quelquefois (Finckh) un peu de néphéline et de hauÿne. Tous ces phénocristaux sont enveloppés par une pâte, plus

1. Ueber die Gesteine der Kilimandscharo. *Tschermak's. m. u. p. Mitt.* T. X, 1888.
2. Die Rhombenporphyr der Kilimandscharo. *Festschrift. Harry Rosenbusch*, 1906, p. 373. Die von F. Jæger in Deutsch-Ostafrica gesammelten Gesteine. *In* F. Jæger, *op. cit.*
3. M. Hyland a décrit ces roches sous le nom de *leucitbasalte* et de *nephelinbasanite*.
4. Ces cristaux ont été décrits par M. H. Miers (*Miner. Magaz.*, T. VII, 1887, p. 11 et 83) ; ils présentent parfois la macle de Carlsbad, avec h^1 comme face d'accolement. Leur composition est $Or_{1,88}$, $Ab_{4,22}$, An_1.
Une kenyte, identique à tous égards à celle du Kilima Ndjaro, est la lave du volcan Erebus, dans l'île de Ross (Antarctique) (*National Antarctic Expedition*, 1901-1904. Natural history, T. I. *Geology*, 1907, H. G. T. Prior, p. 110).

ou moins cristalline, renfermant, ou non, un verre incolore ou bien brunâtre; les microlites sont constitués par de l'anorthose, du diopside, de l'aegyrine ou de l'augite aegyrinique, par des paillettes de biotite (anomite), de la magnétite, de l'ilménite, de l'olivine, de la cossyrite, de la katophorite; M. Finckh y signale de la leucite et exceptionnellement de la pseudobrookite. Une autre variété présente un aspect différent qui est phonolitique : il s'agit d'une roche un peu fissile, dépourvue de phénocristaux macroscopiques et ne contenant que de rares et petits phénocristaux d'olivine, d'anorthose et de magnétite; les microlites sont les mêmes que dans les variétés précédentes. Certaines de ces roches renferment de grands cristaux de hornblende que je n'ai pas rencontrés dans les échantillons étudiés.

La composition chimique de ces kenytes dont l'analyse est donnée plus loin me fait émettre quelques doutes au sujet de l'attribution à la leucite des cristaux globuleux de leur pâte. Cette composition, en effet, est si analogue à celle des microsyénites et tinguaites du massif de Bezavona dont l'analyse a été donnée dans le tome II (*analyses* **232** à **233**) que je suis assez porté à considérer ces cristaux comme appartenant à l'analcime.

Je réunis dans le tableau ci-contre les analyses *a* à *d* des différents types de kenyte, en les accompagnant de la dénomination que leur a attribuée M. Finckh [*a* à *c*, *e* à *g* et *i* (Eyme); *d* et *h* (Klüss)] et en y ajoutant une analyse (*A*) faite par M. Raoult. On remarquera l'analogie de cette composition avec celle des roches du Kenya. Ces analyses sont accompagnées de celle (*analyse e*) d'une roche que je rapporte à la tahitite, mais qui est très voisine des kenytes.

On voit aussi figurer dans ce tableau des roches de composition assez différente, une *téphritoïde* et une *shoshonite* et deux roches grenues, une *pulaskite* et une *diorite* qui ne proviennent plus du Kibo, mais du vieux Kilima Ndjaro, le Mavenzi, elles y jouent sans doute le rôle de la syénite néphélinique au Kenya.

a. *Kenyte* (Rhombenporphyr), Nord Kibo (4500 m.) . . .	'II . 6 . 1 . 4.
b. *Kenyte* (Katophorittrachyt), Ouest Kibo.	'II . 6 . 1 . '4.
c. — vitreuse (Trachydoleritischer Glass), Nord-Ouest Kibo (3300 à 3700 m.).	(I)II . 6' . 1 . '4.
A. *Obsidienne*[1] de *Kenyte*, Sud-Ouest Kibo.	I(II) . '6 . 1 . 4.
d. *Kenyte* (Leucitrhombenporphyr) (5600 m. Est Kibo.). .	(I)II . 6 . 1 . 4.
e. *Tahitite* (Nephelinrhombenporphyr) (3500 m.), Nord Kibo.	I' . 6 . (1)2 . 4.
f. *Pulaskite*, Est Mawenzi.	II' . 5 . (1)2 . (3)4.
g. *Diorite* (Essexite), Est Mawenzi..	II . 5 . 2(3) . 4.
h. *Téphritoïde* (Basalttrachydolerit), Kibo.	II . 5' . 2(3) . 4.
i. *Shoshonite* (Trachydolerit), Ouest Kibo.	II' . 5 . 3 . 3(4).

1. Cette obsidienne noire a une densité de 2,535 et un indice de réfraction (Na) de 1,538.

	a	*b*	*c*	*A*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*
SiO^2.. . .	55,32	54,94	54,30	56,32	54,20	53,12	55,49	50,27	49,69	47,51
Al^2O^3. . .	19,59	19,34	19,71	19,01	19,38	21,62	16,29	18,91	17,02	16,87
Fe^2O^3. . .	1,92	1,80	2,23	2,66	3,83	3,46	4,81	4,08	4,28	4,41
FeO.. . .	3,12	4,52	4,21	3,59	2,14	1,94	3,90	5,35	7,34	7,99
MgO . . .	1,11	1,11	1,19	0,78	1,35	1,10	1,86	2,04	3,15	4,27
CaO.. . .	2,72	2,05	2,08	2,48	2,15	2,00	3,87	5,94	6,73	8,07
Na^2O. . .	8,73	8,39	8,29	7,95	8,01	8,16	5,50	5,19	4,67	3,26
K^2O.. . .	5,09	5,93	6,15	4,84	5,28	5,11	4,63	5,34	2,73	3,16
TiO^2.. . .	0,59	0,67	0,80	0,94	0,79	0,08	1,77	1,90	2,13	2,65
P^2O^5 . . .	0,42	0,18	0,15	0,19	0,58	0,46	0,41	0,80	0,65	0,55
H^2O +.. .	1,05	0,32	0,32	1,00	1,04	2,56	0,52	2,15	1,19	0,99
—.. .	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Z^2O^2 . . .	0,33	0,38	0,48	»	0,47	0,06	0,48	»	0,36	0,18
SO^3. . . .	0,26	0,27	0,10 (S)	»	0,31	0,28	0,34	0,10 (S)	0,30	0,25
	100,25	99,90	100,01	100,05 [1]	99,53	99,95	99,87	100,07	100,24	100,16

Phonolites et néphélinites. — Dans la collection Alluaud, j'ai trouvé deux roches qui n'ont pas été signalées encore dans ce massif volcanique ; elles présentent un aspect extérieur très analogue, celui d'une phonolite verdâtre. L'une est effectivement une phonolite ayant la composition minéralogique du trachyte phonolitique du Kenya décrit plus haut, mais avec, en plus, une grande quantité de phénocristaux d'anorthose et de microlites de néphéline.

Le second est une néphélinite essentiellement constituée par des microlites automorphes de néphéline et d'augite aegyrinique, avec de petits phénocristaux du même pyroxène et de sphène.

Laves à faciès basaltique. — M. Finckh a décrit un certain nombre de basaltes feldspathiques, les uns très riches en grands cristaux d'olivine et d'augite, d'autres en larges cristaux aplatis de labrador : enfin, au Mavenzi, il signale un basalte à hornblende.

Je n'ai vu que les deux premières variétés, j'ai fait analyser (*analyse* B) une *labradorite* très feldspathique du Sud-Est du Kilima Ndjaro (2 800 mètres) presque dépourvue de phénocristaux et renfermant de nombreux petits microlites d'olivine qui présentent toutes les particularités de structure de ceux qui abondent dans les andésites augitiques de la Chaîne des Puys[2] ; la composition de cette lave est celle d'une labradorite passant aux basanitoïdes, remarquablement analogue à celle d'Ambatomainty (*analyse* **456**, p. 185) ; il semble bienque, de même qu'au Kenya, la plupart des basaltes feldspathiques du massif aient ce caractère basanitique.

Il existe aussi des *ankaratrites*, les unes très pauvres en olivine passent à des *augitites* (*analyse* C), les autres sont riches en olivine et en augite porphyrique. Ce

1. Y compris Cl 0,16 ; MnO 0,13.
2. A. Michel-Lévy, *Bull. soc. géol. France*, T. XVIII, 1890, p. 728.

type dont l'analyse est donnée en E ressemble beaucoup aux ankaratrites à néphéline très distincte du massif de l'Ankaratra.

Melteigites. — J'ai décrit autrefois[1] des roches grenues recueillies dans des tufs. Elles sont essentiellement constituées par de la néphéline, de l'augite, de la perowskite, de l'apatite, du sphène, de la hornblende, de la biotite et parfois du mélanite formant des cristaux indépendants ou cerclant les grains de sphène et d'augite. L'échantillon dont la composition est donnée en C est une *melteigite*. Mais la discussion de la composition chimique de l'échantillon D fait voir que la proportion de feldspaths virtuels est trop grande pour que la roche puisse être considérée comme une véritable melteigite; le rapport de l'orthose (potasse dans la biotite) et du plagioclase (alumine dans l'augite) virtuels doit faire considérer cette roche comme une forme hétéromorphe d'une monzonite néphélinique mélanocrate. Je la rapproche, au point de vue chimique, d'une roche à facies shonkinitique, récemment décrite par M. Pereira de Souza[2] (*analyse a*) et qui forme des filons dans la syénite néphélinique de la Serra de Monchique. Par contre, l'analyse *b* est celle d'une melteigite assez feldspathique signalée par M. Finckh dans le cratère de Kerimasi (E. N. E du lac d'Elanairobi).

Les analyses suivantes ont été effectuées par M. Raoult.

A. Labradorite passant à *basanitoïde*. Sud-Est Kilima Ndjaro.	II(III).5(6).2(3).4[2(3).'2.2.3].
B. Augitite, limite d'*ankaratrite*. Kibo. .	III'.(6)7.2.4[2'.1.(2)3.'3].
a. Shonkinite sodique. Serra de Monchique.	III.6.'2.4[2(3).1.3.3].
b. Ijolite. Kerimasi.	III.9.1.4.
C. Melteigite. Kibo.	IV'.8.1.4'.
D. —	III(IV).6(7).1'.4[2.1.3'.2(3)].
E. Ankaratrite porphyrique. Sud-Est Kilima Ndjaro.	IV['8.2'.4']2.2.2.2.

	A	*B*	*a*	*b*	*C*	*D*	*E*
SiO^2.	48,58	41,48	43,46	39,26	45,22	43,16	41,56
Al^2O^3.	16,04	12,72	11,94	15,75	9,20	9,76	9,77
Fe^2O^3.	4,56	6,24	6,92	4,88	7,15	7,51	5,74
FeO.	6,71	7,72	7,15	3,14	5,51	4,64	6,82
MgO.	4,06	6,29	4,55	3,62	8,28	4,67	13,51
CaO.	8,36	12,86	11,62	16,60	13,72	17,08	13,62
Na^2O.	4,77	4,04	4,24	7,50	4,17	3,87	3,27
K^2O.	2,09	2,02	2,63	3,03	2,66	2,27	1,09
TiO^2.	2,80	4,68	5,08	1,66	2,18	2,82	3,30
P^2O^5.	0,43	0,77	0,76	3,28	0,06	0,76	0,54
H^2O + ...	1,23	0,96	1,28	0,94	1,94	1,56	0,81
—	0,41	»	0,24		0,23	1,03	0,14
CO^2.	»	0,32	»	»	»	1,13	»
	100,04	100,10	99,87	99,68	100,32	100,26	100,17

1. Sur quelques roches ijolitiques du Kilima Ndjaro. *Bull. soc. franç. minér.*, T. XXIX, 1906, p. 90.
2. Pereira de Souza, *C. Rendus*, T. CLXXV, 1922, p. 698.

c. — Région du lac Kivu[1].

La branche occidentale du grand Fossé de l'Afrique orientale se trouve à l'Ouest du lac Victoria Nyanza, sur la bordure du Congo belge ; elle est volcanisée aux alentours du lac Kivu, entre le lac Edouard au Nord et le Tanganika au Sud.

Les volcans les plus récents, comprenant quelques centres actifs, sont localisés au Nord de Goma et de Kisenie (bord septentrional du lac Kivu). Parmi ceux-là, il faut citer le Namlagira, en activité solfatarienne, le groupe du Katarusi et le Niragongo, puis une série de cônes gigantesques à cratère inactif : Mikeno, Karisimbi, Visoke, Muhavura, etc. Les explorateurs allemands les ont désignés sous le nom général de Virunga Vulcane, ce qui est un pléonasme, car Sir Alfred Sharpe, qui a été témoin de l'éruption du Katarusi en 1912, a fait remarquer[2] que Virunga, pluriel de Kirunga (Chirunga) est le nom par quoi les indigènes de cette région désignent les montagnes volcaniques en général.

Je ne donnerai qu'un bref résumé d'un mémoire détaillé publié sur les roches du Kivu par M. Finckh[3] ; pour la rédaction de ce paragraphe je n'ai eu à ma disposition que quelques roches de la collection du Muséum (mission Grosnier), du Musée de Tervueren (j'en dois la communication à MM. Cornet et de Dorlodot), et du colonel Henry, l'explorateur belge bien connu. Au moment du tirage de cette feuille, M. Delhaye me communique une collection considérable qu'il a recueillie lui-même, et qui ne pourra être décrite qu'ultérieurement.

Parmi les roches étudiées, il faut faire deux parts : l'une, la moins nombreuse, renferme des roches à soude prédominante que l'on peut comparer aux types les plus pauvres en silice du Kenya et du Kilima Ndjaro ; ce sont des *basanitoïdes*, des *limburgites* [lave très vitreuse de l'éruption de 1912, recueillie à l'entrée de la baie de Bobandana, rive Nord (analyse *A*)] et une roche du cratère de Ngoma, qui a été appelée par M. Finckh *Melilithnephelinit*, mais dont la composition chimique implique une teneur élevée en feldspaths virtuels, bien que ceux-ci ne soient pas exprimés ; cette roche est une forme hétéromorphe, non feldspathique, des basanites. Il faut ajouter à cette série de véritables *basaltes* (Kisenie ; Muhavura).

1. J'emploie, pour cette région, l'orthographe adoptée par les géographes belges.
2. Sir Alfred Sharpe. The Kivu Country. *The Geograph. Journal*, London, T. XLVII, 1916, p. 32.
3. L. Finckh. Die Jungvulkanischen Gesteine des Kiwusee-Gebietes. *In : Wissensch. Ergebn. d. deutschen Zentral-Afrika-Expedition*, 1907-1908, Bd. I ; Lief. I, 1912.

Cf. aussi Herrmann. Der geologische Aufbau des deutschen Westufers des Victoria-Nyanza. *Mitt. Forschungs Reisenden u. Gelehrten am den deutsch. Schutzgeb. Wiss. Beiheft. z. deutsch. Kolonialblatt*, T. XII, 1899, p. 168 et Die Vulkangebiet der zentralafrikanischen Graben. *Ibid.*, T. XVII, 1904, p. 42.

Voici les analyses [par Eyme (*a*) et Hausser (*b* à *e*)] de cette série extraites du mémoire de M. Finckh et une autre (*A*) faite par M. Raoult.

a. *Basanite* (Leucitbasanit), Mukira.	'III . 5 . 3 . '4.
A. *Basanitoïde*. Bord N.-E. baie Bobandana.. .	III . (6) 7 . (2) 3 . 4.
b. *Basalte*, Kisenié.	(II)III . 5 . '4 . (3)4.
c. *Limburgite*, Cône Adolphe Frédéric. . . .	II . (5)6 . 3 . 4.
d. — —	III . (5)6 . (3)4 . 4.
e. *Type hétéromorphe de basanite (néphélinite mélilitique)*. Goma.	II(III) . (6)7 . 2 . '4.

	a	*A*	*b*	*c*	*d*	*e*
SiO^2..	47,67	44,42	48,62	46,71	44,18	44,82
Al^2O^3.	14,20	14,27	17,44	12,46	14,77	18,11
Fe^2O^3.	3,59	3,39	5,42	3,00	3,70	7,34
FeO..	9,18	8,68	6,55	9,03	7,69	3,63
MgO.	6,24	7,23	5,50	9,56	5,35	2,92
CaO..	8,98	12,36	10,00	11,61	15,40	10,61
Na^2O.	3,21	3,64	2,30	3,10	2,51	5,65
K^2O..	2,41	2,44	1,92	1,06	1,02	4,30
TiO^2.	2,64	3,42	1,29	1,74	2,19	0,82
P^2O^5.	0,66	0,13	0,11	0,33	0,51	0,78
H^2O +..	0,92	0,15	0,63	1,11	1,13	0,78
—..		0,09				
SO^3..	tr.	»	»	0,05	»	0,07
Cl.	»	»	»	tr.	»	0,03
	99,80[1]	100,17	99,79	99,76	99,69[2]	99,51[3]

La deuxième série, la plus abondante et la plus caractéristique, comprend des roches différant de toutes les autres laves de l'Afrique orientale par la prédominance de la potasse sur la soude ; elle s'étend de *trachytes à biotite* et de *shoshonites leucitifères*, qui sont les roches les plus anciennement épanchées, à des *néphélinites leucitiques*, par l'intermédiaire de laves, néphéliniques ou leucitiques, mais de composition chimique voisine.

Je donne le nom de *kivite* aux laves récentes et actuelles du Namlagira et d'autres cônes du voisinage. Elles comprennent des phénocristaux de bytownite, de leucite, d'olivine, de biotite, d'augite titanifère et de magnétite, distribués dans une pâte microlitique de labrador, de leucite, d'augite et de minerais. La structure varie de la doléritique à la vitreuse (surface des coulées). Ce type rentre dans le groupe des leucittéphrites et des leucitbasanites des anciennes classifications dont il est un terme extrême dans lequel la potasse est à peine supérieure à la soude. Je donne ci-contre le tableau des types que je distingue parmi les laves

1. Y compris S 0,10.
2. Y compris ZrO^2 0,05 ; MnO 0,39.
3. Y compris MnO 0,24 ; CuO 0,08.

dans lesquelles le rapport de l'orthose aux plagioclases virtuels indique une caractéristique monzonitique.

Vicoïte	II.6.2.2.
Vésuvite	II.7.2.2.
Ottajanite	III.6.3.2(3).
Campanite	II.7.2.3.
Kivite	III.6.(2)3.3'.

Cette tendance à l'égalité entre les deux alcalis explique l'intime association de roches franchement sodiques à ces roches potassiques ; il existe aussi des laves plus potassiques dont la composition se rapproche de celle de la *vésuvite*, mais dans lesquelles le rapport orthose-plagioclase n'a plus le caractère monzonitique.

Cette valeur approchée de la potasse et de la soude, mais avec prédominance pondérale de la potasse, se rencontre aussi dans la *néphélinite leucitique* constituant la lave récente du Niragongo [I. Phénocristaux de néphéline, de leucite, d'augite titanifère, d'apatite, un peu de sanidine. II. Microlites d'augite, de néphéline, parfois de mélilite, magnétite très abondante] (*analyse n*) et aussi dans une *leucitite*, de Kitelema, entre Goma et le Rutchuru, à néphéline dissimulée peu abondante (I. Augite titanifère, leucite, peu d'olivine. II. Leucite, augite, magnétite, néphéline?) (*analyse B*), tandis que dans une autre leucitite provenant du cratère du Bolingo (groupe du Katarusi, la soude est en léger excès sur la potasse (*analyse C*).

Une autre roche spéciale est la *leucitite* du Visoke ; elle comprend des phénocristaux de leucite, de titanomagnétite, de biotite, avec un peu d'olivine, des microlites d'augite ou d'augite aegyrinique, de leucite, de néphéline, de biotite, de magnétite et de perowskite. La formule magmatique est III'.'8.3.(2)3. C'est donc une leucitite, différant des types connus par la valeur du rapport de la potasse à la soude (III.8.2.2) et dans lequel, en outre, le rapport des alcalis à la chaux feldspathisable est plus petit que ceux constatés jusqu'ici.

De même que les tufs du Kilima Ndjaro et du mont Elgon, les matériaux de projection des volcans du Kivu renferment des enclaves homoeogènes grenues présentant les caractères chimiques des laves épanchées ; les enclaves de la kivite du Namlagira sont constituées par une *kentallénite leucitifère*, rappelant celle de la Somma[1], mais, en raison de la remarque que je viens de faire, elle est plus sodique. La leucitite du Visoke est accompagnée de blocs d'une pyroxénolite à biotite (riche en verre noir résultant de la fusion du mica), forme grenue hétéromorphe de la lave, rappelant certaines des pyroxénolites de la Somma.

1. *C. Rendus*, CLXV, 1917, p. 205.

Enfin, les *néphélinites leucitiques* du Niragongo renferment des enclaves d'une *ijolite leucitique* dont la composition chimique est donnée plus loin et qui doit être comparée (avec une richesse un peu plus grande en minéraux colorés) à l'*arkite* de Magnet Cove (Arkansas), mais tandis que dans celle-ci la leucite est paramorphisée en néphéline et orthose, la roche africaine a conservé sa composition originelle (néphéline, leucite, augite). Les analyses *f, g, h, j, l,* ont été faites par Eyme ; *i, m* à *o,* par Kluss ; *k,* par Hausser, les analyses *A* à *D* par M. Raoult.

f. Trachyte, Lasambo (Sud Karisimbi). . .	I(II) . 5 . 1' . 3.
g. Shoshonite leucitifère, Karisimbi. . . .	II . 5 . '3 . 3.
A. Vésuvite. S. de Kitelema.	II . 6' . 2 . '3.
h. Kivite, Kisi.	III . 6 . (2)3 . 3'.
i. — Muhawura.	III . (5)6 . 2' . 3.
j. — Namlagira.	II(III) . 6 . (2)3 . 3'.
k. Kentallénite leucitifère, Namlagira. . .	III . 5 . 3 . 3'.
l. Leucitite à olivine, Mikeno.	III . 7 . (1)2 . 3.
m. Leucitite, Visoke.	III' . '8 . 3 . (2)3.
n. Néphélinite leucitique. Niragongo. . . .	II . 9 . 1 . 3'.
o. Ijolite leucitique. — . . .	'III . 9 . 1 . 3.
B. Leucitite. Kitelema.	III' . 8 . 1(2) . 3'[2 . 1 . 3 . 2'].
C. — Bolingo (groupe du Katarusi).	III . 8 . 2 . '4[2 . '3 . '3 . 3].
D. Néphélinite. Entre Katwe et Chukaronga.	(III)IV . '9 . 1' . 3[2' . 1 . 3 . (2) 3].

	f	*g*	*A*	*h*	*i*	*j*	*k*	*l*	*m*	*n*	*o*	*B*	*C*	*D*
SiO^2.. .	58,89	51,00	49,34	42,65	48,05	43,69	43,79	43,72	39,98	39,50	39,59	44,24	40,22	39,28
Al^2O^3. .	17,61	18,50	18,29	14,03	13,42	16,08	14,65	13,85	12,47	21,58	17,33	13,31	15,89	10,03
Fe^2O^3. .	2,44	3,10	4,61	5,67	3,54	6,95	11,78	5,26	7,06	3,22	2,53	5,65	4,38	7,27
FeO.. .	3,47	5,99	3,12	9,67	7,68	7,02	7,65	7,61	6,43	6,10	8,19	5,29	8,91	6,56
MgO . .	0,65	2,56	2,66	6,54	6,41	4,55	2,99	5,64	6,59	2,61	3,15	5,68	5,36	5,65
CaO.. .	2,11	6,32	9,74	10,28	9,05	8,87	10,16	9,76	11,85	8,60	9,79	12,72	13,68	14,62
Na^2O. .	4,57	3,86	3,46	3,05	3,06	3,34	2,53	4,11	1,70	7,19	6,70	4,06	4,47	3,04
K^2O.. .	7,86	4,69	7,16	3,52	3,85	3,75	2,65	4,77	3,80	8,13	7,63	4,71	3,62	4,06
TiO^2.. .	0,58	2,11	1,08	2,74	2,96	3,59	1,49	3,66	5,42	1,88	2,45	3,22	2,58	4,82
P^2O^5.. .	0,11	0,62	0,44	0,87	0,58	0,80	0,79	0,76	0,73	0,20	1,10	0,64	0,74	0,87
H^2O.. .	1,80	1,25	0,58	0,70	1,55	1,48	0,88	0,81	3,71	0,42	0,43	0,95	0,22	2,82
SO^3.. .	»	0,16	»	tr.	0,12	0,26	0,05	0,18	0,19	0,05	0,07	»	»	»
	100,09	100,16	100,36[1]	99,79[2]	100,27	100,32	99,86[3]	100,13	99,88	99,66[4]	99,72[5]	100,47	100,21[6]	100,31[7]

Les schistes cristallins constituant la plaine qui s'étend au pied du massif ancien du Ruwenzori, entre le lac George et le lac Edouard, supportent des puys à cratère-lac. J'ai examiné une *néphélinite* passant à l'*ankaratrite,* recueillie par G.-F. Scott

1. Y compris MnO 0,08.
2. Y compris S 0,07.
3. Y compris Cl 0,03.
4. Y compris S 0,18.
5. Y compris S 0,08 ; CO^2 0,68.
6. Y compris MnO. 0,14.
7. Y compris H^2O — 1,34 ; Cl 0,05 ; MnO 0,04.

Elliot[1] entre Katwe et Chukaronga, elle m'a été communiquée par le British Museum. C'est une roche mélanocrate verdâtre constituée par des aiguilles filiformes d'augite aegyrinique, des microlites de néphéline et des grains de perowskite; malgré la haute teneur en potasse (*analyse D*), la leucite n'y est pas distincte ; il existe quelques phénocristaux d'augite verte. Je viens de recevoir du colonel Henry un échantillon de lave recueilli par lui près de Katwe qui appartient au même type, mais il renferme de l'olivine et de la mélilite [celle-ci est concentrée autour de cristaux d'olivine pour former de petits nodules (enclaves?)]. Cette roche est malheureusement imprégnée de calcite.

Enfin j'ai examiné un basalte à phénocristaux de plagioclase et une ponce trachytique, provenant de la vallée de la Rutchuru (affluent Sud du lac Edouard).

En définitive, la région volcanique du Kivu est caractérisée par l'abondance de types spéciaux de laves leucitiques, riches en soude[2], associés à des laves plus sodiques que potassiques qui établissent la liaison magmatique avec les centres volcaniques de la branche principale du grand Fossé de l'Afrique orientale et par suite avec ceux de Madagascar.

d. — **Mont Jombo**[3].

Syénite néphélinique. — Le premier échantillon de syénite du mont Jombo que j'ai étudié a été recueilli en 1865 par Alfred Grandidier; il ne diffère pas de celui que m'a communiqué M. Gregory auquel est due la description de cette roche. A l'œil nu, on y distingue de l'orthose maclée suivant la loi de Carlsbad englobant des cristaux automorphes d'augite un peu violacée presque entièrement transformée en augite aegyrinique verte et moulés par de la néphéline rougeâtre. L'examen microscopique n'y montre, en plus, qu'un peu de sphène et de magnétite.

Ijolite. — Plus récemment, M. Gregory a signalé deux roches décrites par Miss Agnes T. Neilson[4]. Une ijolite, à gros grain, est composée de néphéline et d'augite violacée (bordée d'aegyrine), avec peu de sphène et de magnétite : l'analyse a été faite sur un fragment que m'a donné M. Gregory. La seconde roche

1. G.-F. Scott Elliot et J.-W. Gregory. The geology of Mount Ruwenzori and some adjoining Regions of Equatorial Africa. *Quaterl. J. of the geol. Soc. London*, T. LI, 1895, p. 674.

2. Une comparaison s'impose avec certaines laves de l'Eifel et notamment de la région du lac de Laach.

3. M. E. O. Teale vient de décrire (*Geol. Magaz.*, T. LX, 1923, p. 74) une *augitite* (ankaratrite limburgitique) porphyrique à hornblende et biotite dans le district d'Umba, au Sud-Ouest du mont Jombo et une *phonolite* à Luhembero sur la rive droite du Rufigi, à environ 120 milles au Sud-Ouest de Dar-es-Salaam, puis, en collaboration avec M. W. Campbell Smith (*op. cit.*, p. 226), des *phonolites*, *néphélinites* et *ankaratrites* du Sud du Zambèze. La collection du Muséum possède depuis 1882 un échantillon provenant de Lupata qui offre la plus grande ressemblance avec la *tahitite* du Kenya décrite page 257.

4. Miss Agnes T. Neilson, *in* Gregory, *op. cit.*, p. 401.

paraît être une melteijite plutôt qu'une jacupirangite ; c'est, en effet, une roche à gros éléments, formée d'augite aegyrinique dont les intervalles sont remplis par de la néphéline, de l'augite titanifère, de la biotite, de la perowskite, de la magnétite, avec de l'apatite incluse dans tous les minéraux, sauf la perowskite. Les analyses *A* et *B* (M. Raoult) montrent la relation existant entre ces deux roches : l'ijolite est une forme leucocrate des melteigites du Kilima Ndjaro.

A. Syénite néphélinique. Mont Jombo. . . I'. 6 . 1'. 4.
B. Ijolite. — . . . II . 8(9) . 1(2) . 4.

	A	*B*
SiO^2	54,82	43,16
Al^2O^3	22,92	24,53
Fe^2O^3	3,19	1,55
FeO	0,64	4,09
MgO	0,23	1,23
CaO	1,96	6,60
Na^2O	9,87	10,94
K^2O	4,67	4,01
TiO^2	0,64	1,83
P^2O^5	tr.	0,44
H^2O +	0,81	0,94
—	0,24	0,23
MnO	»	0,08
Cl	0,11	0,11
SO^3	0,09	tr.
	100,19	99,84

La composition de la syénite néphélinique du mont Jombo est semblable à celle des syénites néphéliniques à ægyrine de la côte Nord-Ouest de Madagascar, mais dans celles-ci ne se rencontrent pas de facies de variation ijolitique du genre de ceux qui viennent d'être passés en revue.

C. — *Kordofan, Darfour et Égypte.*

Très au Nord du lac Kivu, mais au voisinage du même méridien dans le Kordofan et l'Égypte, et aussi à l'Ouest du Kordofan dans le Darfour, se trouvent des centres éruptifs remarquables par leurs roches alcalines.

Kordofan. — Aux environs de Kadero en effet (75 milles au Sud d'El Obeïd), ont été signalés par Link[1] des dykes de *tinguaïte,* dans une région de roches gabbroïques : il n'existe par suite aucune notion sur leur âge.

D'autre part, au Gebel Katul, à 100 milles au Nord-Ouest d'El Obeïd, M. Campbell Smith a indiqué[2] récemment l'existence de *rhyolites à riebeckite* (comendites).

1. G. Linck. *Neues Jahrb.*, 1903, Beil. Bd. 17, p. 438.
2. W. Campbell Smith. *Miner. Magaz. London,* T. XIX, 1920, p. 48.

Au moment de la mise en pages de cette feuille, j'ai connaissance d'une autre note du même savant [1] signalant des *sölvsbergites*, des *kenites* et une *mugéarite* à quelque 900 kilomètres à l'Ouest d'El Obeïd près de la frontière du Darfour, dans le grand volcan de Dereiba [2].

Darfour. — Les analyses suivantes des *tinguaïtes* de Kadero (par M. Schrimpff) ont été publiées par M. Link; elles correspondent aux paramètres I.6.1.'4 (*a*) et 'II.6.1.4 (*b*) qui sont ceux de la plupart des tinguaïtes et en particulier de celles de Madagascar [3].

	a	*b*
SiO^2	54,52	52,48
Al^2O^3	22,00	19,28
Fe^2O^3	1,69	4,00
FeO	1,20	2,93
MgO	0,26	1,34
CaO	0,91	4,08
Na^2O	9,38	8,66
K^2O	6,29	4,91
TiO^2	0,23	0,66
P^2O^5	tr.	tr.
H^2O +	2,55	1,17
—	1,16	0,29
MnO	0,20	0,48
Cl	0,71	0,80 $(SO)^3$
	101,10	101,01

Égypte. — Des roches intrusives néphéliniques se trouvent entre le Nil et la mer Rouge. Elles ont été signalées par M. Barthoux [Couyat] [4], d'après ses observations personnelles et d'après les récoltes faites jadis par Lefèvre (Collection du

1. *Geol. Magaz.*, T. LVIII, 1921, p. 206.

2. C'est au Nord-Ouest de Dereiba que se développe le grand massif volcanique du Tibesti exploré par le Colonel Tilho dont j'ai étudié les roches (A. Lacroix et Tilho, Les volcans du Tibesti, *C. Rendus*, T. CLXVIII, 1919, p. 1237 et A. Lacroix. La constitution minéralogique et chimique des laves du Tibesti, *ibid.*, T. CLXIX, 1919, p. 402). Le massif principal, celui de l'Emi Koussi, est formé par des roches leucocrates (*trachytes, phonolites, latites*) avec des basanitoïdes et une syénite alcaline (blocs dans le cratère). La partie Nord-Ouest du massif offre un caractère calco-alcalin (*rhyolites, dellénites, dacitoïdes, labradorites*).

Très au Nord-Ouest de cette région, dans le voisinage de Ghadamès, au Gebel Gharian (70 kilomètres Sud de Tripoli), il existe des *phonolites*, jadis signalées par Gustave Rose. Les échantillons que j'ai examinés sont très néphéliniques.

3. A l'Ouest du Darfour, un gisement isolé de *rhyolite à ægyrine* (comendite) se trouve sur le bord Sud-Est du Tchad à l'Hadjel-el-Khemis (entrée du Bahr-el-Gagal) (L. Gentil, *C. Rendus*, T. CXXXIX, 1904, p. 413), puis plus à l'Ouest encore, dans le Mounio, il faut citer les *microgranites à pyroxène et amphibole sodiques* étudiés par moi-même (*C. Rendus*, T. CXL, 1903, p. 22) et par M. Garde (*Description géologique des régions situées entre le Niger et le Tchad et à l'Est et au Nord-Est du Tchad*, 1910) qui les a vus associés à des granites de même composition. Pour comparaison avec l'Est africain, il est intéressant de noter que Chudeau considérait toutes ces roches intrusives comme postérieures à l'Infra-Crétacé (*Sahara soudanais*, 1909, p. 266).

4. J. Couyat. Les roches sodiques du désert arabique. *Comptes rendus*, T. CLI, 1910, p. 1138.

Muséum) ; elles affleurent au milieu de gneiss et de diorites et sont localement associées à une série de roches volcaniques (trachytes et basaltes) ; leur âge paraît être le Crétacé supérieur.

Ces roches se trouvent au Gebel Nahass, au Sud-Ouest de Coçeïr et au Gebel Hadarba, puis plus au Sud, entre le 34°18′ long. Est (Gr.) et le 24°40′ lat. Nord, dans la vallée de l'Ouadi Schait ; les principaux gisements de cette dernière région sont groupés autour du Gebel Abou Khroug.

Les roches de la région de Coçeïr sont des *sölvsbergites*, renfermant une très petite quantité de néphéline et d'analcime.

Celles du Gebel Abou Khroug que m'a remises M. Barthoux rappellent par leurs variations de structure (elles vont d'une véritable *syénite néphélinique* à structure foyaïtique porphyrique à une microsyénite évoluant vers la phonolite) les roches du Bekotapo à Madagascar. Il s'agit là de syénites néphéliniques à aegyrine et biotite d'un brun rouge. Dans les types franchement syénitiques, les intervalles des feldspaths sont remplis par de l'analcime, épigénisant probablement en partie de la néphéline. Cette roche, très leucocrate, renferme des enclaves homoeogènes noires, à facies shonkinitique (*analyse B*) et à structure microfoyaitique ; à l'aegyrine et au mica très abondants s'y joint du sphène.

Quelques échantillons, provenant de filons, sont remarquables par l'abondance et l'automorphisme de leur néphéline. L'aegyrine y forme des cristaux de deux dimensions différentes ; il s'agit d'une *microsyénite néphélinique* pauvre en lamelles d'orthose. Un autre type, également filonien, doit être regardé comme une *tinguaïte* porphyrique, il ne se distingue de la précédente roche que par la plus grande abondance de l'orthose qui existe en partie sous forme de phénocristaux aplatis suivant g^1 ; en outre, l'aegyrine est aciculaire. Elle est accompagnée de phénocristaux d'une lanéite brune, maclée suivant h^1 et se transformant en une amphibole verte, arfvedsonitique, qui englobe poecilitiquement un grand nombre de cristaux de néphéline et d'orthose : parfois ce centre d'amphibole ancienne est extrêmement réduit et l'on ne constate alors que le squelette poecilitique vert.

Voici quelques analyses (A à D), effectuées par M. Raoult, et qui viennent compléter celles qui ont été publiées antérieurement par M. Barthoux : je donne en *a* l'une de celles-ci.

A. *Sölvsbergite.* Gebel Hadarba (près Coçeir).		I′.5.1′.4.
a. *Syénite néphélinique.*	Gebel Abou Khrough.	I(II).′6.1.4.
B. *Enclave shonkinitique* dans *a*.	—	II.(6)7.1.4(5).
C. *Microsyénite néphélinique.*	—	I′.′6.1′.4.
D. *Tinguaïte*	—	I(II).6.1.4.

	A	a	B	C	D
SiO^2	62,52	60,1	47,54	57,44	57,28
Al^2O^3	19,14	18,4	17,11	21,02	20,48
Fe^2O^3	2,25	1,8	2,88	1,76	2,03
FeO	2,51	2,5	7,41	3,42	2,62
MgO	0,14	0,3	1,91	0,33	0,36
CaO	0,94	1,4	5,36	1,22	0,98
Na^2O	7,47	9,1	8,83	8,33	9,59
K^2O	4,47	5,2	2,42	4,91	5,47
TiO^2	tr.	0,5	1,94	0,14	0,12
P^2O^5	0,00	»	0,34	0,22	0,00
H^2O +	0,69	1,2	3,28	0,58	0,85
—	0,09		0,25	0,15	0,15
Cl	0,04	0,1	0,16	0,31	0,16
	100,26	100,6	100,11[1]	100,11[2]	100,09

D. — *Plateaux Abyssin et Somali. Afar.*

Au Nord du lac Rodolphe, il existe de vastes régions volcaniques ; les unes se trouvent sur les Plateaux Abyssin et Somali, les autres dans l'Afar (plaine Danakil), effondrée entre les falaises qui limitent ces plateaux et la mer Rouge ; elles se prolongent au Sud par la haute vallée de l'Aouache. M. Gregory a discuté[3] les relations de ces épanchements avec les cassures et les effondrements qui prolongent ceux du Fossé de l'Afrique orientale. Je ne m'occuperai ici que de la question lithologique.

Les anciennes observations de Blanford[4] avaient permis de distinguer deux séries dans ces épanchements ; l'une, inférieure, uniquement basaltique, repose sur les schistes cristallins (Plateau Abyssin), l'autre non seulement sur ceux-ci, mais encore sur les calcaires jurassiques qui les recouvrent (Plateau Somali). Cette dernière série est plus complexe que la précédente au point de vue lithologique ; M. Prior a précisé plus tard sa composition, par l'étude des roches du Tigré ; elle est constituée par des roches alcalines et des basaltes.

Afar et bordure des Plateaux. — En 1906, M. Arsandaux a apporté[5] une importante contribution à la connaissance des roches de l'Afar, grâce à des récoltes effectuées le long du chemin de fer de Djibouti à Harar, puis de Harar à Addis

1. Y compris SO^3 0,18 ; CO^2 0,50.
2. Y compris SO^3 0,11 ; MnO 0,17.
3. *The Rift Valleys, op. cit.*, p. 314-353.
4. W. T. Blanford. *Observations of the Geology and Zoology of Abyssinia*. London, 1870.
5. H. Arsandaux. Contribution à l'étude des roches alcalines de l'Est africain *in Comptes rendus scientifiques de la mission Duchesne-Fournet*, 1906, 100 pages + 10 pl.

Ababa et aussi dans le haut Aouache. D'après lui, les *basaltes* de la base, très mélanocrates, sont surtout des types porphyriques à grands cristaux d'olivine et d'augite. Ces basaltes supportent une riche série de laves claires, grises ou verdâtres, rouges par altération, de caractère *rhyolitique* ou *pantelléritique,* que j'avais étudiées moi-même[1] dès 1899. Ces roches, quartziques ou non[2], souvent sphérolitiques, renferment de l'aegyrine, de la riebeckite, de la cossyrite ; elles sont riches en lithophyses et passent localement à des types microgrenus comparables aux paisanites ; elles comprennent aussi des types obsidienniques. Certaines d'entre elles sont minéralogiquement comparables à celles de Mahabo au Sud de la Betsiboka.

M. Arsandaux a observé en outre sur le plateau Somali, près de Karsa, des dômes de *sölvsbergite,* quartzifère ou non.

Sur ces roches, se sont épanchés des *basaltes doléritiques* et c'est à cette série qu'il faut rattacher les laves des régions volcaniques tout à fait récentes du voisinage d'Obock et de Djibouti.

Les analyses suivantes, effectuées par M. Raoult, sont destinées à compléter celles, plus anciennes, de M. Arsandaux qui, à juste raison, a fait ressortir le caractère pantelléritique de beaucoup de celles de ces roches qui sont riches en silice ; ce caractère résulte à la fois de leur richesse en alcalis et en fer et de leur pauvreté en alumine. On peut voir que les teneurs relatives en soude et en potasse sont variables. Quant aux *basaltes,* les nombreuses analyses qu'en a publié M. Arsandaux, bien qu'elles doivent être rectifiées pour l'alumine et la chaux, sont suffisantes cependant pour montrer que le caractère général calco-alcalin est constant. Ils s'étendent depuis des basaltes, à phénocristaux de plagioclases, voisins des labradorites, jusqu'à des types à grands cristaux porphyriques d'augite et d'olivine voisins de l'*ankaramite.* Cette association de rhyolites alcalines à aegyrine ou riebeckite et de basaltes calco-alcalins rappelle celle qui caractérise l'Ambohitrosy à Madagascar.

A. Pantellérites à aegyrine, Hol Hol (chemin de fer de Harrar).	I(II) . 3 . 1 . 3'.
B. — Dahita — .	II . 3 . 1 . 3.
C. Obsidienne pantelléritique, Fantalé. . .	II(III) . 3 . 1 . '3.
D. Sölvsbergite, Raz-el-Rib (Karsa). . .	II . 5 . 1 . '4.
E. Basalte à plagioclases, Gubbet Kharab, près Obock.	(II)III . 5 . 4 . 4[2 . 1(2) . 2(3) . '3].
F. Ankaramite, Dahita, près Djibouti. .	IV['6 . 3(4) . 4(5)]'2 . 2 . 2' . 2.

1. A. Lacroix. Sur les rhyolites à aegyrine et riebeckite du pays des Somalis. *C. rendus,* t. CXXVIII, 1899, p. 1353.

2. Des roches analogues ont été signalées dans la région des lacs entre le coude de l'Aouache et le lac Stephanie. Max Weber. Die petrographische Ausbeute der Expedition O. Neumann v. Erlanger nach Ostafrika und Abessynien 1900 1901. *Mitteil. d. geogr. Gesellsch. in München,* Bd. I, 1906, p. 637.

	A	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*
SiO^2..	78,72	73,28	69,06	64,42	48,09	44,24
Al^2O^3.	7,78	8,33	6,30	14,54	17,71	8,61
Fe^2O^3.	4,39	5,72	4,98	5,34	3,31	5,57
FeO..	1,31	1,19	6,26	1,53	6,36	7,62
MgO.	»	0,35	0,27	0,34	4,75	13,03
CaO..	tr.	0,72	0,94	0,52	13,82	14,68
Na^2O.	4,24	4,34	7,37	8,03	2,52	1,84
K^2O..	3,03	4,03	3,39	4,32	0,90	0,47
TiO^2.	0,31	0,47	0,61	0,18	2,00	2,18
P^2O^5.	»	tr.	0,07	»	0,36	0,17
H^2O +..	0,31	1,37	0,47	0,44	»	1,68
—..	0,22	0,32	tr.	0,38	0,26	0,30
MnO.	tr.	»	0,17	»	»	»
	100,31	100,12	100,04[1]	100,40	100,13[2]	100,43[3]

Plateau Abyssin[4]. — A l'extrémité méridionale du Plateau Abyssin, au Nord du lac Rodolphe, dans le Kaffa, M. Max Weber a signalé des *basaltes* et des *phonolites* (vallée de l'Omo). Plus au Nord encore, la mission de Beauchamp a rapporté du mont Goré (près des sources du Baro) un *trachyte phonolitique* qui a été étudié par M. P. Gaubert[5]; il est caractérisé par de grands cristaux d'olivine ferrifère distribués au milieu de microlites d'orthose que moule de l'augite aegyrinique; il existe fort peu de néphéline. Par sa richesse en péridot, ce trachyte rappelle certaines roches du Kenya.

Shoa. — Des *basaltes* surtout se trouvent dans la région d'Addis Ababa, mais A. Michel Lévy a décrit[6] jadis sous le nom de téphrite néphélinique une véritable *tinguaïte* rapportée de la vallée de la Jamma.

Tigré. — Une étude détaillée a été faite par M. Prior des roches de la région d'Adowa et d'Axum[7]; il y a signalé, en compagnie de *basaltes*, des *grorudites*, des *sölvsbergites*, des *tinguaïtes* (dômes ou dykes dans les schistes cristallins ou le granite), accompagnés de *trachytes* et d'*obsidiennes*.

1. Y compris Cl 0,06 ; SO^3 0,47.
2. Y compris Cl 0,05.
3. Y compris Cl 0,04.
4. Tous les mémoires sur l'Afrique orientale, antérieurs à 1891, sont cités par A. Rosiwal au cours d'un travail où sont décrites minéralogiquement aussi de nombreuses roches. Beiträge zur geolog. Kenntniss des Östlichen Afrika. *Denkschr. Math. Naturwis. Klasse K. Akad. Wiss. Wien*, T. LVIII, 1891.
5. P. Gaubert. Sur des échantillons de roches d'Abyssinie. *Bull. Muséum Hist. nat.*, 1901, p. 27.
6. A. Michel-Lévy. Sur une téphrite néphélinique de la vallée de la Jamma. *Comptes rendus*, T. CII, 1886, p. 451.
7. G.-T. Prior. Aegyrin and Riebeckit Anorthoclase Rocks related to the « Grorudite-Tinguaite series » from the neighbourhood of Adowa and Axum, Abyssinia. *Miner. Magaz. London*, T. XII, 1900, p. 255, et Riebeckit Rocks from Abyssinia. *Ibid.*, 1899, p. 92.

Ces roches sont caractérisées par l'aegyrine, associée parfois à la riebeckite, tandis que dans la *paisanite* de la région de Senafé, le métasilicate est exclusivement constitué par la riebeckite.

Voici les analyses effectuées par M. Prior sur ces différentes roches ; j'y ai joint celle (A) (par M. Raoult) du *trachyte phonolitique* du Mont Goré dont il a été parlé plus haut.

a. Grorudite. Amba Subhat.
b. Paisanite, Mont Scholoda. Nord d'Adowa. . . . . I.'4.1.3.
c. Pechstein. Amba Berra. . . . . I.4.'2.3(4).
d. Sölvsbergite, Edda Gijorgis. . . . . I'.5.1.'4.
e. Tinguaïte, — . . . . I(II).6.1.4.
A. *Trachyte phonolitique.* Mont Goré. . . . . II.5'.1(2).4.

	a	*b*	*c*	*d*	*e*	A
SiO^2..	73,46	76,01	67,03	63,74	57,81	58,22
Al^2O^3.	12,47	11,96	14,25	17,86	18,74	17,08
Fe^2O^3.	3,64	2,06	1,96	4,27	5,76	1,84
FeO..			1,70	0,30	0,42	6,09
MgO.	tr.	tr.	tr.	0,10	tr.	0,22
CaO..	0,32	0,26	1,05	0,83	1,28	3,28
Na^2O.	5,63	4,46	3,90	7,23	9,35	6,57
K^2O..	4,03	4,73	3,85	5,19	4,52	4,28
H^2O..	0,44	0,28	5,73	0,83	1,50	1,32 0,53
	99,99	99,76	99,47	100,54	99,38	100,25[1]

Dans toutes les régions qui viennent d'être passées en revue, il semble, au moins d'après les descriptions qui ont été publiées et d'après les échantillons étudiés par moi, que les roches basaltiques accompagnant les roches alcalines acides et les phonolites soient de nature calco-alcaline. C'est donc, là encore, la reproduction de l'association qui est réalisée à Madagascar dans le massif de l'Ambohitrosy.

Il existe toutefois au moins une exception à cette règle. M. Max Weber a en effet signalé sur le plateau Somali, au Sud-Ouest d'Harrar, sur la rive droite de la haute vallée du Wabbi, une région (mont Gillet) caractérisée par l'association de *phonolites* à des *basanites*, des *ankaratrites mélilitiques* ou à amphibole, mais aucune de ces roches n'a été analysée.

E. — *Erythrée.*

Les volcans de l'Erythrée ont été beaucoup étudiés par les explorateurs italiens et particulièrement par MM. Dainelli et Marinelli[2] ; ceux-ci ont montré que, si

1. Y compris TiO^2 0,44 ; P^2O^5 0,21 ; MnO 0,07 ; Cl 0,13.
2. Giotto Dainelli et Olinto Marinelli. Risultati scientifici di un viaggio nella Colonia Eritrea. Firenze. *Pubblic. del R. Ist. Studi Sup.*, N° 35, T. XXIII.

parmi ces volcans, il en existe qui ont été actifs dans les temps modernes (Afdera), le seul qui puisse être véritablement considéré comme vivant est celui de Dubbi dont la dernière éruption date de 1861 ; il existe aussi quelques solfatares.

Les seules recherches chimiques pouvant nous intéresser au point de vue où je me suis placé ici sont dues à M. Manasse[1]. Il en résulte que s'il existe quelques *rhyolites* dans l'Erythrée, la plus grande partie des laves sont *basaltiques*.

Les analyses données ci-contre mettent en évidence le caractère andésitique de quelques-uns de ces basaltes, alors que d'autres, tels ceux du volcan Mahabo, doivent être comparés aux *sakalavites* labradoriques malgaches.

Il existe cependant deux roches qui, par leur composition, rompent avec le caractère calco-alcalin de cet ensemble, c'est la *tinguaïte* d'Allèngo et la roche que M. Manasse a désignée sous le nom de *teschénite*.

Les analyses suivantes sont dues à M. Manasse.

a. Rhyolite, Samoite..	I.4.'2.(3)4.
b. Sakalavite, Volcan Mahabo..	'III.4(5).4.4.
c. Basalte, Volcan Alid..	III.5.(2)3.4.
d. — Mazahano	'III.5'.3.'5.
e. — Curètea.	III.5.3.4'.
f. Teschénite. Hamaset (Massaua).	(II)III.6.2.4'.
g. Tinguaïte, Allèngo.	I(II).6.1.4.

	a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*
SiO^2..	72,88	50,19	48,50	46,96	47,86	46,20	54,33
Al^2O^3.	13,86	15,34	12,32	15,19	14,24	16,01	20,24
Fe^2O^3.	1,52	7,43	10,87	8,35	4,24	5,08	3,40
FeO..	0,73	4,65	5,33	7,30	8,81	7,01	2,59
MgO.	0,23	6,69	5,36	6,63	6,56	5,07	0,87
CaO..	1,82	11,32	10,42	8,34	10,86	7,06	1,65
Na^2O.	4,40	1,82	3,45	4,53	3,37	6,50	8,10
K^2O..	3,98	0,63	1,74	0,59	0,91	2,04	5,19
TiO^2.	»	2,24	2,23	1,45	2,39	0,76	»
P^2O^5.	»	0,14	0,24	0,17	0,22	0,51	»
H^2O +..	0,52	0,34	0,39	1,09	1,08	4,31	4,03
	99,94	100,79	100,85	100,72[2]	101,03[3]	100,95[4]	101,04[5]

1. E. Manasse. Rocce della colonia Eritrea raccolti a Sud di Aràfali. *Process. verb. Soc. Tosc. Scienz. Natur.*, 1903 et 1904. Rocce Eritree e di Aden, *Ibid.*, t. XXIV, 1908. Studi petrog. Eritrea, *Ibid.*, 1909, p. 114 ; Rocce della Somalia italiana. *Ibid.*, t. XXXI, 1916.
2. Y compris MnO 0,12.
3. Y compris MnO 0,49.
4. Y compris Cl 0,41, MnO 0,23.
5. Y compris MnO 0,16 ; CO^2 0,21.

F. — *Yémen et Aden.*

Les bords du plateau d'Arabie faisant face à la côte Somali, sont constitués par des schistes cristallins et des granites, recouverts localement par des sédiments jurassiques. Sur ce substratum se sont épanchées des nappes de *basalte* doléritique, sans doute, comparables, au point de vue de l'âge, à celles de la base de la série africaine voisine. Il existe, en outre, une série volcanique plus récente qui a été étudiée, au point de vue lithologique, par MM. Ch. Vélain[1], McMahon, Tenne et enfin Manasse[2]. Je l'ai observée personnellement à Aden et dans ses environs. Manasse est le seul qui ait fourni des analyses permettant de comparer ces laves à celles de la côte des Somalis. Il existe entre elles un parallélisme frappant ; on y trouve, en effet, des *rhyolithoïdes* établissant le passage à des *pantellérites,* mais elles sont généralement plus riches en alumine que ces dernières : ces roches à silice libre sont, là aussi, associées à des *basaltes* calco-alcalins. Voici les analyses de Manasse.

a. Rhyolitoïde pantelléritique, Aden.		(I)II . 4 . 1 . 3′.
b. — *à aegyrine,*	—	II . 4 . 1 . 3(4).
c. —	—	(I)II . 4′ . 1 . ′4.
d. Trachyte,	—	′II . ′5 . 1 . 4.
e. —	—	II . ′5 . 1 . 4.
f. Basalte,	—	II(III) . 5 . 3 . 4(5).

	a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*
SiO^2.	68,04	67,44	64,76	60,75	59,56	46,60
Al^2O^3.	12,10	11,59	13,40	14,50	13,94	15,06
Fe^2O^3.	3,18	4,48	4,48	6,18	5,82	12,26
FeO.	1,90	1,35	2,26	2,94	2,98	6,15
MgO.	0,16	0,37	0,39	0,43	0,61	2,58
CaO.	0,82	2,08	2,57	3,36	4,72	9,66
Na^2O.	5,53	6,68	5,65	5,88	6,05	3,89
K^2O.	4,50	4,24	4,10	3,74	3,01	0,97
TiO^2.	»	»	0,31	0,46	0,31	1,98
P^2O^5.	tr.	0,12	tr.	0,25	0,11	0,44
H^2O.	3,40	0,62	1,21	1,44	2,31	0,80
MnO.	0,20	0,34	0,31	0,55	0,48	0,71
	99,86	99,31	99,44	100,48	99,99	101,10

Au moment de la mise en pages, un de mes élèves, M. P. Lamare, rentre d'un voyage au Yémen, d'où il a rapporté d'intéressantes observations[3] : il a constaté que cette région est essentiellement constituée par un substratum de schistes cris-

1. Cf. p. 229, note 1.
2. *Op. cit.*, 1908.
3. *C. Rendus*, T. CLXXVI, 1923, p. 956.

tallins et de ce granite à riebeckite que j'ai signalé[1] jadis au Mont Saber, et aussi de granite à aegyrine (région de Dalleh à 100 kilomètres au Nord d'Aden); sur ce socle, reposent des couches sédimentaires (calcaires à la base, grès et quartzites probablement jurassiques). Sur elles se sont épanchées d'importantes coulées très régulières, comprenant des basaltes très variés de composition et de structure et des rhyolites alcalines. Ces roches, constituant tout le haut plateau du Yemen (altitude 2 à 3000 mètres), offrent une grande analogie avec celles de l'Afar.

Dans la région de Sana, sur cette série volcanique, se trouvent des volcans récents, à cratère parfaitement conservé, dont les laves sont basaltiques.

III. — QUELQUES RÉGIONS NON AFRICAINES DONT LES ROCHES PEUVENT ÊTRE COMPARÉES A CELLES DE LA PROVINCE D'AMPASINDAVA.

Il existe quelques régions renfermant des séries lithologiques dont certains types ou dont l'ensemble peuvent être comparés aux roches de la province d'Ampasindava. Je rappellerai à cet égard les environs de Salem (Essex C°, Mass.)[2], les régions de l'Écosse qui ont fait l'objet de mémoires de M. Shand et de M. Tyrrell[3], auxquels j'ai fait des allusions au cours de cet ouvrage, puis la région crétacée des alentours de Lisbonne[4], enfin, les nombreux gîtes filoniens des Basses-Pyrénées[5] dont les roches sont trop altérées pour se prêter à une étude chimique suffisamment précise. Obligé de me limiter, je me contenterai de ce rappel et je ne m'arrêterai que sur les roches de deux régions sur lesquelles je puis fournir des observations personnelles.

1. A. Lacroix, *C. rendus*, T. CXXVIII, 1899, p. 1353 ; ce granite est comparable à celui de l'île Sokotra qui a fourni le type de la riebeckite (Sauer, *Zeitschr. d. d. geol. Gesell.*, T. XL, 1888, p. 138). Le granite de cette île paraît être ancien et non point post-jurassique comme ceux de la province d'Ampasindava ; il doit être comparé aux granites similaires de Makaraingo à Madagascar. On peut se demander s'il en est de même pour les granites de l'Yémen, malgré leur présence au milieu de schistes cristallins, car leur composition chimique est analogue à celle de grorudites ou paisanites observées en filons dans les calcaires, et aussi aux rhyolites épanchées. Si, au contraire, ils sont anciens, cela prouve une remarquable persistance, à travers le temps, de la composition du magma éruptif de cette région.

2. J. H. Sears. Elæolite-zircon-syénites and associated granitic rocks in the vicinity of Salem. *Bull. Essex Institute, Salem*, T. XXIII, 1891. — H. S. Washington. The petrographical province of Essex C°, Mass. *J. of Geology, Chicago*, T. VI, 1899, p. 787. Cf. aussi la note 2 de la page 643 du tome II.

3. S. J. Shand. On borolanite and its associates in Assynt. *Trans.* Edingburgh, *Geol. Soc.*, T. IX, part. III et IV, 1909. — G. W. Tyrrel. The bekinkinite of Barshaw. *Geol. Magaz.*, T. II, 1915; The picrite-teschnite sill of Lugar. *Quarterl. J. geol. Soc.*, T. LXXII, part. 2, 1917, p. 87, etc.

4. A. Lacroix. La systématique des roches grenues à plagioclases et feldspathoïdes, *C. Rendus*, T. CLXX, 1920, p. 20.

5. A. Lacroix. Les roches éruptives du Crétacé pyrénéen et la nomenclature des roches éruptives modifiées. *Ibid.*, T. CLXX, 1920, p. 685.

A. — *Archipel de la Société (Tahiti, etc.).*

Tahiti. — La région dont les roches peuvent être comparées le plus complètement à celles de la province d'Ampasindava est Tahiti. J'ai montré[1], il y a longtemps déjà, que sous la couverture basaltique récente qui constitue la plus grande partie de l'île, il existe une riche série de roches grenues alcalines. Cette découverte m'a servi à combattre la conception d'un facies pacifique et d'un facies atlantique des roches éruptives contre laquelle tant d'arguments nouveaux ont été apportés depuis quelques années.

Après avoir trouvé les premiers échantillons de ces roches dans une collection de l'ancien Musée colonial, j'ai été documenté par un de mes élèves, le zoologiste Seurat qui, au cours d'un voyage biologique en Océanie, a bien voulu explorer pour moi la profonde vallée de Papenoo et y a non seulement retrouvé en place les premières roches que j'avais décrites, mais en a découvert d'autres. Depuis lors, M. P. Marshall a visité Tahiti et fixé[2], avec plus de précision, la position du gisement de ces roches grenues dans cette même vallée de Papenoo, au centre de l'île, au mont Ahititera, entouré d'une ceinture de pics basaltiques.

Ces roches grenues occupent donc à Tahiti une position centrale, qu'il me semble légitime de comparer à celle du piton de syénite néphélinique du Kenya, mais, par suite d'un moindre avancement de l'érosion, ce culot éruptif, consolidé sous une couverture de laves plus récentes, n'occupe pas la cime de l'île. Je pense qu'on peut comparer aussi le gisement de ces roches grenues à celui des phanérites du massif du Piton des Neiges dont il a été question plus haut (intrusions dans des agglomérats basaltiques).

Enfin, la considération de ces deux dernières régions me paraît fort instructive pour l'interprétation des gisements syénitiques du Nord-Ouest de Madagascar, si, comme je le suppose, ils constituent les restes, profondément dénudés, d'un centre volcanique dont il ne reste des lambeaux que sur la périphérie de la province d'Ampasindava et, çà et là, au milieu de celle-ci.

J'ai montré déjà, et les analyses données plus loin le font voir avec évidence, que, dans leur variété, les roches grenues de Tahiti représentent la forme non épanchée de la plupart des laves récentes de l'île, laves qui sont beaucoup

1. A. Lacroix. Les roches alcalines de Tahiti. *C. rendus*, T. CXXXIX, p. 953. — Note sur la minéralogie de Tahiti. *Bull. Soc. franç. Minér.*, T. XXVII, 1904, p. 272. — Les roches alcalines de Tahiti. *Bull. Soc. géol. France*, T. X, 1910, p. 91-124 + 2 pl. Cf. aussi *Matériaux pour la minéralogie de Madagascar* [**131**], p. 133.

2. P. Marshall. The Geology of Tahiti. *Trans. New-Zealand Institute*, T. XLVII, 1914 [1915], p. 361.

moins monotones qu'on ne l'avait supposé antérieurement à mes recherches. M. Marshall a complété heureusement mes observations en découvrant un terme de ces roches grenues plus basique (*péridotite*) que ceux que j'ai décrits.

Roches grenues.

Les roches grenues constituent une série très étendue et continue allant de syénites néphéliniques à une péridotite ; sous la réserve de cette dernière roche, elles présentent une remarquable analogie, à tous points de vue, avec la série lithologique de Nosy Komba, d'Andrekareka, du massif de Bezavona et de la région d'Ankaramy, je veux dire de la série des roches caractérisées par des baguettes de hornblende brune, je n'ai trouvé, en effet, à Tahiti aucune roche *grenue* à aegyrine. Au point de vue minéralogique, la série lithologique de Tahiti est donc encore plus homogène que celle de Madagascar.

Les types leucocrates paraissent être les plus abondants ; la hornblende est toujours accompagnée d'augite, plus ou moins titanifère ; l'analcime est fréquente et prête aux mêmes remarques que celle de la Grande Ile.

J'ai observé des *syénites néphéliniques*, des *monzonites néphéliniques* et des *essexites* ; ces dernières sont souvent plus leucocrates qu'à Madagascar, elles présentent des variétés pegmatiques offrant une grande ressemblance avec celles du Nord de Nosy Komba.

Il existe aussi des roches néphéliniques basiques dépourvues d'augite, mais renfermant de la biotite et de l'olivine ; elles sont comparables à la *luscladite* des tufs de Ziani, aux Comores. Elles sont accompagnées de variétés mélanocrates, très riches en olivine, possédant souvent un gros grain et ne contenant que peu ou pas de néphéline, ce sont alors les équivalents des gabbros mélanocrates d'Ambalafotsy (*analyse* **282**) et de la montréalite de Montréal dont il va être question plus loin.

Plus fréquentes qu'à Madagascar sont des roches très amphiboliques, dépourvues de néphéline, qu'il faut assimiler aux *mafraïtes* ; d'autres sont des *berondrites* pauvres en néphéline.

Des veines microgrenues traversant les roches précédentes sont des formes porphyriques soit des *mafraïtes*, soit des *montréalites* ; nous allons les retrouver à Montréal.

Quant à la *péridotite* découverte par M. Marshall, elle est formée d'olivine, d'un pyroxène et d'un peu de biotite, c'est donc une *wehrlite*.

Comme à Madagascar, les roches leucocrates sont postérieures aux types noirs ; elles constituent souvent au milieu de ceux-ci des filons de quelques centimètres

d'épaisseur dont j'ai examiné un assez grand nombre d'échantillons ; j'y ai observé des phénomènes endomorphes, avec formation de roches hybrides, tout à fait analogues à celles de Nosy Komba.

Postérieurement à la mise en place de ces roches franchement grenues, se sont produits des filons minces de types variés, à facies *camptonitique* ou *monchiquitique*, et aussi de *tinguaïtes*, mais je n'ai pas observé pour celles-ci d'échantillons mixtes ; je ne les ai vues que sous forme de blocs isolés.

Je donne dans le tableau suivant une série d'analyses de ces roches grenues et des roches filoniennes provenant de la vallée de Papénoo ; celles faites par Pisani (*a* à *d*) sont empruntées à mon mémoire antérieur, celles faites par M. Raoult (*A* à *E*) ont été effectuées pour remplacer des analyses de Pisani que j'ai publiées autrefois et dans lesquelles des inexactitudes (pour l'alumine et la chaux principalement) ont été reconnues. L'analyse *e* est due à M. P. Marshall.

A. Syénite néphélinique	II . 6 . 1 . '4.
a. Tinguaïte	I' . 6 . 1 . 4.
b. Monzonite néphélinique	'II . 6 . (2)3 . 4.
B. Essexite	'II . '6 . 2 . 4.
C. — (pegmatique)	II . '6 . 2(3) . 4.
D. Luscladite	III . 5(6) . '3 . 4[(2)3 . 1 . 2' . 3].
E. Mafraïte	III' . '6 . 3 . 4[3 . 2 . 2 . 2].
c. —	III(IV) . 6 . 4 . 3(4)[2 . '2 . 2 . 2'].
d. Microgabbro	III . 5 . 3(4) . 4[2 . 2(3) . 2 . 2'].
e. Wehrlite	IV(V) . '2 . (1)2 . 2 . (1)2.

	A	*a*	*b*	*B*	*C*	*D*	*E*	*c*	*d*	*e*
SiO^2 . . .	51,64	56,40	47,50	49,34	45,04	44,62	41,98	41,50	44,26	43,92
Al^2O^3 . . .	18,36	21,41	19,97	19,86	17,39	14,58	11,59	12,31	13,32	3,16
Fe^2O^3 . . .	3,38	1,04	3,39	3,53	3,32	5,60	7,88	5,20	4,60	5,24
FeO . . .	3,17	1,50	4,74	3,99	5,31	7,54	6,98	8,46	8,16	6,20
MgO . . .	1,36	0,51	3,60	1,97	2,98	3,56	9,57	11,26	9,42	20,71
CaO . . .	5,08	0,96	6,92	5,38	10,12	10,94	11,74	14,05	10,95	12,42
Na^2O . . .	7,10	9,61	5,25	6,69	5,08	4,37	2,85	2,06	2,40	0,34
K^2O . . .	4,74	5,36	3,47	3,94	2,84	1,94	1,38	0,48	0,99	0,07
TiO^2 . . .	1,82	0,25	2,96	2,58	3,80	3,64	4,32	4,78	5,02	3,46
P^2O^5 . . .	0,49	»	0,44	0,61	0,51	0,79	0,67	0,06	0,45	0,02
H^2O + . .	2,31	2,50	2,25	0,71	1,52	1,02	0,81	0,50	0,37	4,16
— . .	0,50			0,25	0,18	»	0,09			
SO^3 . . .	»	»	»	0,44	0,43	0,68	»	»	»	»
Cl . . .	»	»	»	0,09	0,05	0,22	»	»	»	»
	100,30[1]	99,54	100,49	100,00[2]	100,08[3]	100,11[4]	100,20[5]	100,69	99,97	99,71

1. Y compris CO^2 0,19 ; MnO 0,08.
2. Y compris CO^2 0,62.
3. Y compris CO^2 1,51.
4. Y compris CO^2 0,52 ; MnO 0,09.
5. Y compris CO^2 0,23 ; MnO 0,11.

A ces roches, il faut ajouter[1] deux syénites dont les analyses sont données ci-dessous, mais qui prêtent à discussion ; l'une est une *syénite néphélinique* à augite et biotite, à grain fin, que j'ai rencontrée à l'état de filons de 5 à 7 centimètres d'épaisseur traversant l'essexite ; on constate que la potasse y existe en plus grande quantité que la soude, à l'inverse de ce qui a lieu dans toutes les roches dont l'analyse est donnée dans le tableau précédent et de celles qui figurent dans le tableau suivant, mais comme la néphéline y est en partie transformée en muscovite, il est fort probable, ou tout au moins possible, que la roche ait été appauvrie en soude. La seconde roche a été décrite par M. P. Marshall sous le nom de *syénite*; il la considère comme un terme extrême, non néphélinique, de la série ; cette roche est très riche en pyrite. J'en ai moi-même étudié récemment un assez grand nombre d'échantillons et je ne doute pas qu'elle ne résulte de la transformation d'une syénite néphélinique par la destruction de la néphéline, ainsi que de tous les minéraux colorés. Ce phénomène est particulièrement net dans les syénites néphéliniques des Pyrénées. C'est la raison pour laquelle je n'ai pas fait figurer les analyses (*f* et *g*) de ces roches dans le tableau donné plus haut, car je les considère comme ne représentant plus la composition originelle.

f. Syénite néphélinique à augite et biotite (Pisani).
g. Syénite à pyrite (P. Marshall).

	f	g
SiO^2	52,25	61,06
Al^2O^3	18,70	16,04
Fe^2O^3	2,55	7,02
FeO	3,69	0,40
MgO	1,78	0,72
CaO	3,95	0,70
Na^2O	5,10	5,27
K^2O	6,62	6,43
TiO^2	2,29	0,78
P^2O^5	0,20	0,06
H^2O	2,75	0,43
S	»	4,21
	99,88	103,12
— O		2,34
		100,78

1. En 1910, j'ai signalé dans les collections que j'ai étudiées l'existence d'un granite à biotite qui m'avait été donné comme ayant été recueilli sur la côte de l'île, à Tautira, et j'avais fait des réserves au sujet de son origine (probablement exotique). Cette opinion a été confirmée par l'enquête faite sur place par M. P. Marshall ; il n'y a donc pas lieu de tenir compte de cette observation.

Roches volcaniques.

Trachytes phonolitiques, phonolites et tahitites. — Les laves dominantes sont de nature basaltique, mais il existe aussi des *trachytes phonolitiques* et peut-être de véritables *phonolites*. Les échantillons que j'ai examinés sont tous très feldspathiques, très fissiles : le pyroxène est de l'augite ægyrinique ; la hornblende, en phénocristaux partiellement résorbés, n'est pas rare. La néphéline est généralement peu abondante, aussi faut-il considérer ces roches plutôt comme des trachytes que comme des phonolites.

Les roches les plus intéressantes sont celles qui m'ont servi de type pour la définition de la *tahitite*. Elles sont caractérisées par des cristaux de haüyne, d'un bleu foncé, tantôt microscopiques, tantôt au contraire présentant de très grandes dimensions [plusieurs centimètres à Vaïrao, presqu'île de Taïarapu]. Certaines variétés de ces roches (Vallée de Papénoo) ne renferment guère que ce minéral à l'état cristallisé ; il est englobé dans un verre brunâtre, rempli de cristallites de magnétite. Une autre variété est scoriacée ; elle contient des phénocristaux d'haüyne, d'augite aegyrinique, de sphène, de magnétite, distribués dans un verre feutré de microlites ou de cristallites d'augite. Dans quelques échantillons de Vaïrao, se voient des cristaux globuleux (riches en inclusions symétriques de magnétite) que j'ai rapportés autrefois à la leucite, mais qu'en raison de la composition chimique de la roche j'ai aujourd'hui des tendances à regarder comme constitués par de l'analcime primaire comme dans les roches filoniennes du massif de Bezavona. Çà et là, se voient quelques grandes lames d'orthose optiquement positive (isorthose). Enfin, M. P. Marshall a trouvé à Arué, au Sud-Est de Papénoo, un type de tahitite renfermant quelques phénocristaux de hornblende brune en voie de résorption ; la base monoréfringente et incolore de la roche est attaquable par les acides, aussi M. Marshall l'a-t-il regardée comme formée par de l'analcime. L'analyse de la roche donnée plus loin ne montrant que peu de SO^3 et davantage de chlore, ce savant a supposé que le minéral cubique bleu n'est point de la haüyne, mais de la sodalite. Dans tous les échantillons de tahitite de l'île que j'ai étudiés, et en particulier dans celui d'Arué que je dois à M. Marshall, l'indice de réfraction du minéral bleu étant de 1,50 (Na), il n'est pas douteux qu'il s'agisse là de haüyne et non pas de sodalite dont l'indice ne dépasse pas 1,48.

Roches basaltiques. — Les *basaltes* sont très variés de composition et de

1. *C. Rendus*, T. CLXIV, 1917, p. 581.

structure et mériteraient une étude plus complète que celle que j'ai effectuée. Il faut y distinguer des types à très grands phénocristaux de labrador, renfermant une certaine quantité de néphéline virtuelle qui indique un passage aux *basanitoïdes*; ce sont les formes d'épanchement des *luscladites*.

D'autres, plus mélanocrates, sont riches en olivine et en augite porphyriques et passent, d'une part à des basaltes compacts et d'une autre à des *océanites* extrêmement riches en phénocristaux d'olivine (*analyse q*) : ce sont ces roches que j'ai appelées autrefois des *picrites feldspathiques*. Je donne plus loin une analyse (G) d'un échantillon plus riche encore en péridot, provenant de Putua (île Mangaréva), dans l'archipel Gambier ; il est comparable à certains types que je connais aussi à Tahiti. Ces roches doivent être comparées aux océanites de la Réunion : elles constituent la forme d'épanchement de la wehrlite de M. Marshall.

Mooréa. — La petite île de Mooréa située près de Tahiti (à son Nord-Ouest) est formée d'après M. Marshall[1], par des *basaltes* et des *phonolites*.

Les roches qu'il m'a communiquées sont des *océanites* et des *latites* remarquables par leurs microlites de plagioclase acide bordés d'orthose.

Iles Tubuaï. — L'île Rurutu, située à l'Ouest-Sud-Ouest de Mooréa, est corallienne et basaltique.

Iles sous le vent (Huahiné et Raiatéa). — M. P. Marshall a décrit[2] aussi quelques roches volcaniques provenant de Huahiné et de Raiatéa, deux autres îles de l'Archipel de la Société ; des *phonolites* sont associées à des *basaltes* et aussi (Huahiné) à des *océanites*, elles paraissent être postérieures à ces roches basaltiques qui sont généralement fort altérées.

La phonolite de Huahiné que j'ai pu examiner, grâce à l'obligeance de M. Marshall, est un type lithologique intéressant. Dans cette roche verdâtre, on trouve quelques petits phénocristaux d'augite et d'orthose, distribués au milieu de microlites lamelleux d'orthose qui entourent de petits paquets de cristaux nets de néphéline dont les formes sont soulignées par de l'augite aegyrinique poecilitique.

Bora-Bora est constituée par des *basaltes* et des *gabbros* intrusifs[3].

1. P. Marshall. Notes on the Geology of Moorea and Rurutu Islands. *Trans. New Zealand. Instit.* T. XLVI, 1913, p. 281.
2. P. Marshall Alcaline rocks of the Cook and Society Islands. *Austral. Assoc. for the Adv. of Sc.*, T. XIII, 1912, p. 187.
3. J'ai fait remarquer dans ma note de 1910 qu'Ellis a signalé (*Polynesian Researches*, London, 1831, T. I, p. 12) des roches granitiques, Bora-Bora. J'avais dû laisser cette question en réserve faute de matériaux ; depuis lors j'ai pu faire recueillir des échantillons dans cette île et montrer (*Bull. Soc. géol. France*, T. XVI, 1916, p. 178) que la roche dont il s'agit est un *gabbro*.

Archipel de Cook. — C'est encore à M. P. Marshall que revient la découverte de *phonolites* associées à des *basaltes* dans l'île de Raratonga ; l'échantillon qu'il a bien voulu me communiquer est une roche fort intéressante dont la composition explique le nom de *néphélinite* par quoi l'a désignée mon savant collègue. C'est une phonolite verdâtre ne renfermant que quelques phénocristaux microscopiques d'augite aegyrinique ; au premier examen en lames minces, les minéraux blancs paraissent essentiellement constitués par des microlites, à formes nettes, de néphéline qu'entourent les aiguilles d'augite aegyrinique, mais quand on étudie de plus près cette pâte, l'on constate l'existence de très nombreuses plages poecilitiques d'orthose; elles sont extrêmement squelettiformes, quelquefois réduites à des linéaments d'orientation uniforme sur une grande surface et bordant les cristaux de néphéline, ce qui explique qu'elles ne sont pas très apparentes au premier abord ; mais leur abondance est bien mise en évidence par l'analyse chimique donnée ci-contre et je ne pense pas qu'on puisse ranger cette roche dans les néphélinites. Ce feldspath alcalin rappelle par sa structure, mais à l'état microscopique, celui de certains échantillons de *naujaïte* du Groenland.

Dans le tableau qui suit, j'ai réuni les analyses de roches volcaniques de Tahiti et des autres îles de l'archipel de la Société ; le nom de ces dernières est précédé d'une astérisque [*h*, *k* à *m*, *o* à *q*, (Pisani) ; *F*, *G* (Raoult) ; *i*, *n* (Marshall)].

h. *Trachyte phonolitique*[1], Vaïrao.	I'.5.1'.4.
i. * *Phonolite*, Mont Tapioi (Raiatéa).	I(II).5(6).1.3(4).
j. * *Phonolite*, Pahiraia (Huahiné).	II.5(6).1.3.
F. * *Phonolite*, Raratonga (Arch. Cook).	II(III).'7.1.4.
k. *Tahitite*, Vallée de Papénoo.	
l. — Vaïrao.	II.6'.'2.4.
m. — —	II.6.2.4.
n. — Arué.	II.6.(1)2.4.
o. *Basanitoïde à labrador*, Papénoo.	III.(5).6.3.4[2.3.2.3].
p. *Basalte à olivine et augite*. Papenoo.	III.5'.(3)4.4['2.3.2.2(3)].
q. *Océanite*, Papénoo.	'IV.[3.'4.4]1'.4.1'.'2.
G. * — Putua (Gambier). .	IV(V)[5'.3(4).3']1'.4'.1.(1)(2).

1. Je considère cette roche comme un trachyte phonolitique dont la néphéline a été en partie détruite par lavage superficiel (Cf. Tome II, p. 24). Si cette opinion est exacte, la roche a perdu un peu de soude et ses paramètres ne représentent pas exactement sa composition originelle.

	h	*i*	*j*	*F*	*k*	*l*	*m*	*n*	*o*	*p*	*q*	*G*
SiO^2. .	60,50	60,20	59,04	47,52	49,52	48,70	46,25	48,64	44,25	44,75	43,85	41,34
Al^2O^3. .	18,20	17,86	16,21	15,18	19,40	19,12	19,00	17,04	16,27	13,22	9,07	4,51
Fe^2O^3. .	1,34	1,10	1,04	5,98	2,08	2,40	4,65	3,32	1,50	1,20	1,02	3,10
FeO.. .	1,89	2,02	2,64	3,17	5,15	4,77	3,60	6,14	10,30	10,50	9,11	10,39
MgO. .	1,18	0,32	0,24	1,61	2,12	1,54	2,20	2,5	6,51	10,85	23,40	33,10
CaO.. .	1,75	3,60	1,93	7,42	6,51	6,25	6,61	5,79	10,14	11,50	7,90	4,90
Na^2O. .	7,25	6,36	9,78	8,11	7,15	7,83	6,10	7,16	3,24	1,95	1,30	0,76
K^2O.. .	4,45	5,94	6,59	3,87	3,85	3,45	3,62	3,02	1,98	1,27	0,54	0,37
TiO^2. .	0,92	»	0,76	1,92	3,30	2,37	2,78	2,06	3,65	3,45	1,88	0,70
P^2O^5. .	»	»	»	0,63	»	»	»	»	0,63	0,38	0,38	0,05
H^2O + .. / — ..	2,30	2,46	1,60	3,62 / 1,25	» / »	2,50	4,38	3,20	2,40	1,62	1,62	0,40 / 0,59
SO^3.. .	»	»	»	»	0,41	0,83	0,55	0,04	»	»	»	»
Cl. . .	»	»	0,22	»	0,15	0,13	0,25	0,20	»	»	»	»
	99,78	99,86	100,05	100,25	100,14	100,19	99,99	99,19	100,87	100,69	100,47	100,11

Au moment de la mise en pages de cette feuille, j'ai eu connaissance de deux notes publiées par Iddings sur les laves de Tahiti et des îles voisines[1].

Avant de partir pour son voyage en Océanie, mon collègue et ami avait fait un séjour dans mon laboratoire pour étudier mes collections et prendre connaissance des documents réunis depuis la publication de ma note de 1910. Parmi les gisements qu'il a visités à Tahiti, se trouvent tous ceux qui ont fourni les roches que j'ai décrites. Les trente analyses qu'il a publiées viennent donc compléter heureusement celles qui sont données plus haut. Si elles n'apportent aucun fait nouveau important, elles précisent des détails et confirment la correspondance que j'ai établie entre la composition des roches grenues et des laves épanchées. La comparaison de mes analyses et de celles qui vont être données plus loin montre assez clairement les analogies pour qu'il ne soit pas nécessaire d'insister sur elles; je me contenterai donc de signaler les points particuliers qu'éclairent ces données nouvelles.

Dans les *basaltes* analysés, les types très mélanocrates dominent. On voit qu'à la suite des *basanitoïdes*, il est des roches qui sont assez riches en minéraux colorés pour qu'il soit légitime de les appeler *ankaratrites*; certaines des *océanites* analysées sont plus pyroxéniques que les miennes, elles établissent le passage aux *ankaramites* déjà réalisé par la roche de l'Androy dont l'analyse est donnée plus haut sous le numéro **488**. Il est à remarquer que tandis que toutes les roches basiques similaires que j'ai décrites ont du plagioclase exprimé, il n'en est généralement pas de même pour les roches étudiées par Iddings, ce qui l'a conduit à les désigner toutes sous le nom de *limburgite* que, dans ma nomenclature, je réserve aux seuls types hétéromorphes des basanites.

1. J. P. Iddings, The Petrology of Some South Pacific Islands and its Significance. *Proceed. Nation. Acad. of Sc. U. S. of America*, t. 2, 1916, p. 413. — J. P. Iddings et E. W. Morley, A Contribution to the Petrography of the South Sea Islands. *Ibid.*, t. 4, 1918, p. 110.

Les analyses nouvelles de roches à haüyne (*tahitites*) établissent un passage aux phonolites. Iddings a proposé de donner le nom de *tautirite*[1] à une variété dépourvue de haüyne, mais néphélinique et amphibolique ; sa composition chimique étant exactement celle de mes *tahitites*, ce nouveau nom proposé me paraît inutile.

Enfin, il existe à Raiatéa un type correspondant à la *mugéarite*.

Quant à la *péridotite* décrite par Iddings, elle diffère de celle de M. Marshall, à laquelle j'ai fait allusion plus haut, par l'existence de la hornblende brune et d'un peu de plagioclase ; elle provient de la vallée de Tautira, dans la presqu'île de Taïarapu, reliée à Tahiti par un isthme étroit ; l'analyse montre qu'elle dérive des mafraïtes par disparition presque complète du plagioclase. Dans la presqu'île de Taïarapu, les trachytes et phonolites sont plus abondants que dans l'île même de Tahiti.

Voici les analyses publiées par Iddings **2-6, 8-10, 13-17, 26-30** (Foote) ; **7, 11, 12, 24, 25** (Morley) ; **1** (Washington) :

1. *Trachyte phonolitique*. Nutae, Taïarapu (Tahiti). . . . I'.5.1.(3)4.
2. — Pointe Riri, Taïarapu . . . . I'.5.1(2).3.4.
3*. — Sud Mont Paéo, Huahiné. . . I.5.1.(3)4.
4*. — Mauratapu, — . . . I'.5.1.'4.
5*. — Base du pic du Pain de Sucre, Raiatéa. . . . . I'.5.1.(3)4.
6*. — Mont Tapioi, Raiatéa. . . . . I'.5.1.'4.
7*. — Vallée Papétoai, Mooréa. . . . 'II.5.1(2).3.
8. *Phonolite*. Vaitia, Taiarapu. . . . . I'.(5)6.1'.'4.
9*. *Latite*. Est Papetoai, Mooréa . . . . I(II).'5.2.3'.
10*. *Mugearite*. Ouest Mont Tapioi, Raiatéa. . . . . . . I(II).5.2.4..

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO^2	61,07	60,48	61,98	61,90	62,20	62,44	57,61	58,84	56,33	56,68
Al^2O^3	17,77	19,35	18,72	18,37	17,85	18,87	16,47	20,30	18,44	18,73
Fe^2O^3	2,18	2,34	2,34	2,46	2,31	1,87	2,84	2,74	5,89	4,34
FeO	1,49	1,19	1,17	0,66	0,95	0,87	4,72	0,64	2,60	0,94
MgO	0,88	0,75	0,39	0,46	0,83	0,62	0,86	0,60	1,04	1,97
CaO	1,30	1,68	1,09	0,58	1,33	1,35	2,61	1,66	2,70	3,60
Na^2O	6,80	6,50	7,16	7,95	6,74	7,29	5,06	7,48	4,34	5,64
K^2O	5,57	5,90	5,66	5,36	5,80	5,66	5,97	5,72	4,82	3,85
TiO^2	0,94	0,72	0,26	0,20	0,57	0,62	0,51	0,72	0,88	0,91
P^2O^5	tr.	0,16	0,03	0,01	0,14	0,09	0,42	0,13	0,61	0,74
H^2O +	1,71	0,87	1,05	1,52	0,95	0,32	1,43	0,68	1,85	1,71
—	0,11	0,25	0,42	0,61	0,36	0,17	0,35	0,31	0,52	0,80
MnO	0,05	0,14	0,30	0,26	0,24	0,21	1,39	0,12	0,11	0,33
	99,99[2]	100,47[3]	100,57	100,34	100,27	100,38	100,42[4]	100,03[5]	100,13	100,24

1. Il est piquant de voir Iddings, adversaire déclaré de la classification qualitative des roches éruptives et par suite de la nomenclature qui en est une conséquence, créer des noms nouveaux dans cette nomenclature.
2. Y compris ZrO^2, 0,12.
3. Y compris BaO, 0,14.
4. Y compris CO^2, 0,03 ; Cl, 0,08 ; S, 0,04 ; BaO, 1,02 ; SrO, 0,01.
5. Y compris Cr^2O^3, 0,02 ; BaO, 0,07.

11.	*Phonolite à haüyne*. Vallée d'Ururoa.	II . 6′ . 1 . 4.
12.	*Tahitite*. Vallée Faurahi, Mataia..	II . 6 . 1(2) . 4.
13.	— néphélinique. Tautira.	(I)II . (5)6 . 2 . 3(4).
14.	*Berondrite*. Riv. Maroto (Papenoo).	III . 6 . 3 . 4.
15.	— Vaitipihia. Tautira. Taiarapu.. . . .	III . 6′ . (2)3 . 4.
16.	— — — —	III . (6)7 . 3 . (3)4.
17.	*Péridotite*.. . —	IV[6 . 4 . 4]2 . 2 . 3′ . 2.

	11	12	13	14	15	16	17
SiO^2.. . .	50,73	50,11	52,11	41,70	42,46	37.59	39.68
Al^2O^3. . .	17.22	18,91	20,04	14,55	13,85	15,18	7,35
Fe^2O^3. . .	3,62	4.55	3.27	6,11	5,21	3,98	7.81
FeO.. . .	3,74	2,51	2,15	7.83	7,58	6,50	8,60
MgO . . .	2.72	2.49	1.50	7,80	7.76	8.49	14,29
CaO.. . .	5.66	4.70	3,90	12,39	11,28	12,73	15,78
Na^2O . . .	7.92	7.47	5,72	2.92	3,67	2,80	0,82
K^2O.. . .	3,89	4.29	5.30	1,80	2,34	2,38	0,47
TiO^2 . . .	1,91	1,97	1,90	3,46	3,64	5,01	4,50
P^2O^5 . . .	0,76	0,55	0,40	0,63	0,90	2,29	0,17
H^2O +.. .	0,36	0,69	2,84	0,73	0,65	2,44	0,39
—.. .	0,12	0,78	0,30	0,01	0,07	0,13	0,01
S.. . . .	0,29	0,23	»	»	»	»	»
ZrO^2 . . .	»	0,01	»	»	»	»	»
CO^2.. . .	0,16	0,02	»	»	»	»	»
Cl. . . .	0,28	0.12	»	»	»	»	»
F.. . . .	0,14	0,13	»	»	»	»	»
Cr^2O^3. . .	»	0,01	»	0,03	0,05	0	0,09
MnO . . .	0,35	0,65	0,14	0,22	0,19	0,13	0,21
BaO.. . .	0,18	0,08	»	»	»	»	»
SrO.. . .	0,22	0,10	»	»	»	»	»
	100,27	100,37	99.57	100,18	99,65	99,65	100,17

18*.	*Basalte*. Sud Fare, Huahiné..	III′ . 5 . 3(4) (3)4.
19*.	— Mooréa	III′ . 5 . 3(4)′4.
20*.	— Mauratapu, Huahiné.	III . 5 . (3)4 . (3)4.
21*.	— (doléritique). Pointe Rei, Tahaa . . .	III . 5′ . 3 . 4.
22*.	— Pic central, Bora-Bora.	III′ . 5′ . ′3 . 4.
23.	*Basanitoïde*. Pointe Tapahi.	II(III) . (5)6 . 3 . 4(5).

	18	19	20	21	22	23
SiO^2.	46,96	46,01	47,55	47,60	46,55	44,74
Al^2O^3.	11,00	11,49	14,53	13,35	10,75	16,74
Fe^2O^3.	2,22	2,27	2,23	2,83	2,66	3,70
FeO..	9,42	10,17	7.53	8,02	9.49	8,53
MgO.	14,21	12,72	7,01	10,86	13,39	4,80
CaO	9,46	9.50	11,13	9.47	8,72	9.88
Na^2O.	1,64	1,82	2,14	3,00	2,76	4,42
K^2O	1,40	1,38	1,84	1,82	1,56	1,14
TiO^2.	2.77	2,90	3,24	2.65	2,54	3,68
P^2O^5.	0,38	0,36	0.49	0,33	0,36	0,70
H^2O +..	0,61	1,10	1,68	0,43	0,87	1,12
—..	0,05	0,33	0,57	0,17	0,51	0,33
Cr^2O^3.	0,08	0,11	0.01	0,06	0,09	tr.
MnO.	0,16	0,18	0,13	0,13	0,16	0,19
	100,36	100,34	100,08	100,27	100,41	99.97

24. *Limburgite passant à ankaratrite.* Vallée de Fautaua. . . . . . (III)IV[6 . 2 . (4)5|(1)2 . 2 . 3 . 2 . 2.
25. *Ankaratrite.* Vallée de Fautaua . . IV[8 . 2′ . 4|1(2) . 2′ . 2′ . 2′.
26. *Ankaramite-océanite.* Ouest Pointe Tapahi. . . . . IV[5 . 4 . 4|′2 . 3 . ′2 . 2.
27*. *Ankaramite-océanite.* Ouest Raiatéa. ′IV[5 . (3)4 . 4]2 . (2)3 . ′2 . 2.
28. — Vallée Tautira. IV[5(6) . (4)5 . (3)4|2 . 1(2) . 2(3) . 2.
29*. *Océanite.* Vallée Papetoai, Mooréa. IV[5 . (3)4 . 4|1(2) . 3(4) . (1)2 . 2.
30*. — Pic Pain de Sucre, Raiatéa. IV[5 . 3(4) . 4|1(2) . 4 . (1)2 . 2.

	24	25	26	27	28	29	30
SiO^2.	43,05	42,78	43,46	43,29	40,28	43,86	43,45
Al^2O^3.	9,21	9,26	8,69	9,10	10,68	7,42	7,21
Fe^2O^3.	1,90	2,00	4,17	6,88	5,23	2,41	3,24
FeO.	10,21	10,82	8,58	7,25	8,37	12,39	9,92
MgO.	13,41	12,44	18,82	16,21	10,19	21,53	23,97
CaO.	10,15	14,37	10,41	10,11	17,23	7,96	6,85
Na^2O.	3,58	2,89	1,02	1,44	0,47	1,16	1,28
K^2O.	0,73	1,24	0,54	0,88	0,41	0,66	0,68
TiO^2.	3,00	2,66	2,34	2,84	4,82	2,10	2,03
P^2O^5.	2,21	0,50	0,28	0,32	0,27	0,19	0,24
H^2O +.	0,87	0,40	1,01	1,48	2,08	0,45	0,70
—.	0,90	0,05	0,42	0,54	0,39	0,18	0,36
Cr^2O^3.	0,10	0,12	0,17	0,11	0,02	0,08	0,17
MnO.	0,36	0,43	0,15	0,14	0,13	0,18	0,17
	100,23[1]	100,43[2]	100,06	100,59	100,57	100,57	100,27

B. — *Montréal (Canada).*

A Montréal même, puis à l'Est et au Sud-Est de la ville, se dressent, sur les calcaires paléozoïques, les Monteregian Hills, buttes plutôt que petites montagnes (Mont Royal, Saint-Bruno, Saint-Hilaire, Rougemont, Yamaska, Johnson, Shefford et Brome). Elles sont constituées par des roches intrusives datant sans doute du Dévonien ou du Carbonifère; ces collines sont des laccolites dénudés (Brome) ou des necks (Johnson).

Ces gisements ont été beaucoup étudiés, au point de vue géologique et lithologique, par les géologues du Service géologique canadien[3]. Leurs roches présentent entre elles des analogies magmatiques remarquables; je ne m'occuperai ici que de celles du mont Royal, sur quoi j'ai effectué un de mes premiers travaux de jeunesse[4],

1. Y compris CO^2, 0,10; Cl, 0,13; F, 0,03; S, 0,24; BaO, 0,05.
2. Y compris ZrO^2, 0,02; CO^2, 0,01; Cl, 0,07; F, 0,03; S, 0,24; BaO, 0,04; SrO, 0,06.
3. Cf. la Bibliographie de ces travaux, *in* Adams. Congrès géologique international de Toronto, 1913, *Guide Book*, N° 3.
4. A. Lacroix. Description des syénites néphéliniques de Pouzac et de Montréal et de leurs phénomènes de contact. *Bull. Soc. Géol. France*, T. XVIII, 1890, p. 511, pl. IX-XII).

parce qu'il est possible d'y retrouver des analogies très grandes avec les roches de la région de Nosy Komba. Une description nouvelle en a été donnée à l'occasion du Congrès international de 1913 par M. F. D. Adams qui nous a alors aimablement servi de guide. Les analyses de M. F. Connor données plus loin sont empruntées au *Livret Guide* de M. Adams[1]; j'y ai joint un certain nombre d'analyses nouvelles que j'ai fait faire par M. Raoult, afin de compléter la comparaison avec la série malgache.

Le Mont Royal auquel est adossé la ville de Montréal est constitué par deux séries d'intrusions au milieu des calcaires de Trenton (*Ordovicien*) presque horizontaux. La plus ancienne est constituée, comme à Nosy Komba, par des roches grenues basiques à hornblende brune; elles oscillent entre une *berondrite* et une *mafraïte*. La seconde série est formée par des roches de couleur claire dont les variations s'étendent depuis une *syénite néphélinique* et une *monzonite néphélinique* jusqu'à une *essexite leucocrate*.

Ces intrusions, aussi bien que les sédiments voisins, sont traversées par un essaim de dykes de composition très variée (*nordmarkite* à grain fin, *tinguaïte* plus ou moins analcimique, *monchiquite*, *camptonite*. Il faut y joindre l'*alnoïte* qui ne se trouve pas au Mont Royal, mais existe dans les environs de la ville).

Je ne m'occuperai ici que des roches des intrusions principales.

Série syénito-essexitique. — La caractéristique de cette série réside dans l'association de l'orthose à la néphéline, à la *noséane* et à une hornblende brune verdissant sur les bords, voisine de la hastingsite. De l'augite, un peu titanifère, et de la biotite sont souvent abondantes, ainsi que le sphène et le grenat mélanite. Il faut ajouter fréquemment du plagioclase dont la basicité va jusqu'à celle du labrador, il forme des cristaux indépendants ou bien occupe le centre des cristaux du feldspath potassique: des variations dans la teneur en plagioclases sont en relation avec les variations de composition chimique mises en évidence dans les tableaux suivants; elles manifestent des oscillations de véritables *syénites néphéliniques* à des *monzonites* ou des *essexites*, sans que les caractères extérieurs avertissent de ces changements de composition, les types essexitiques n'étant pas toujours plus riches en minéraux colorés que les syénites. Dans le calcul des analyses qui sont données plus loin, on constate des variations du second paramètre qui, normalement, devrait être 6, mais qui tombe parfois à 5 (*méta-essexites*), l'examen microscopique fait voir que ce n'est point là le résultat d'un abaissement de la teneur en feldspathoïdes, mais bien de ce phénomène sur lequel j'ai plusieurs fois appelé l'attention et qui est plus fréquent encore dans les roches à noséane ou à haüyne que dans celles à néphéline, je veux dire la

destruction d'une partie des feldspathoïdes, ce qui entraîne une diminution de la teneur en soude et la libération d'une certaine quantité de silice.

On reconnaît dans cette série les caractéristiques de celle de Nosy Komba, sous la réserve de la présence de la noséane accompagnant ou remplaçant la néphéline et de la nature de l'amphibole qui est une hastingsite et non une hornblende barkévicitique.

J'ai signalé autrefois (et M. Adams l'a confirmé) l'existence dans les syénites du Mont Royal d'un certain nombre d'autres minéraux; aegyrine, albite, fluorine astrophyllite, mosandrite, aenigmatite, allanite, mais je tiens à faire remarquer que ces minéraux ne se trouvent pas dans la syénite à amphibole. Comme à Nosy Komba, ils caractérisent des veines d'une syénite néphélinique spéciale dépourvue de noséane et de hastingsite : sa structure est pegmatique. Ces veines traversent la série syénito-essexite et aussi les calcaires.

Je ne reviendrai pas sur les phénomènes de contact ni sur les modifications endomorphes de la série syénitique que j'ai décrits jadis et qui offrent une grande analogie avec les phénomènes du même ordre observés à Madagascar, j'indiquerai seulement que le grenat mélanite est un des minéraux métamorphiques des calcaires et comme il n'est abondant dans les syénites qu'au voisinage des contacts avec ceux-ci, je pense toujours, comme en 1890, qu'il y est d'origine endomorphe.

Cette série lithologique traverse et injecte les roches basiques, elle renferme très fréquemment des enclaves de celles-ci ; tantôt ces enclaves sont intactes, et tantôt elles ont recristallisé; dans d'autres cas elles ont été en partie dissoutes dans le magma syénitique qu'elles ont endomorphisé (roches hybrides). Tous ces faits ressemblent étrangement, eux encore, à ceux que j'ai longuement décrits à Nosy Komba (Cf. Tome II, p. 641).

Berondrites, mafraïtes. — Ces roches sont désignées par les géologues canadiens sous le nom d'*essexite* ; dans ma nomenclature, elles se rattachent aux berondrites et aux mafraïtes, types hétéromorphes de même composition chimique. Elles sont essentiellement caractérisées par de la hornblende brune, barkévicitique, de l'augite titanifère, présentant fréquemment la structure en sablier, enfin par des plagioclases basiques, souvent zonés, oscillant autour du labrador; l'apatite (abondante), des minerais, du sphène et de la biotite sont fréquents et plus ou moins abondants, l'olivine n'existe que dans certaines de ces roches. Enfin, il faut ajouter fréquemment de la néphéline et un peu de sodalite et c'est leur présence ou leur absence qui nécessitent la distinction entre la berondrite et la mafraïte : cette apparition ou cette absence de feldspathoïde n'entraîne pas géné-

ralement de modification systématique de composition chimique, car elle est compensée par des variations dans la teneur en hornblende et en mica.

Au point de vue de la structure, la hornblende est souvent groupée avec l'augite et la biotite; il est fréquent de voir les plagioclases enveloppés ophitiquement ou poecilitiquement par les métasilicates. La néphéline est toujours peu abondante, elle remplit les intervalles des feldspaths. Ces roches rappellent les *berondrites* malgaches, mais la néphéline y est moins abondante : le type *mafraïte* domine.

Quelques particularités intéressantes sont à signaler, telles par exemple des variétés pegmatiques dans lesquelles des baguettes de hornblende (associées à de l'augite) mesurent plus d'un décimètre de longueur[1] et sont régulièrement disposées perpendiculairement aux épontes des dykes. Il existe aussi des variétés microgrenues, porphyriques, à grain plus ou moins fin, qui sont surtout réalisées dans les types dépourvus de néphéline.

A ces roches qui sont prédominantes, il faut en ajouter d'autres, dépourvues de hornblende, mais riches en biotite et en olivine; les plagioglases sont aplatis ; l'olivine est souvent pseudomorphisée en un mélange d'olivine et de biotite. Ces roches, dans lesquelles la néphéline, peu abondante mais constante, est parfois accompagnée d'une petite quantité d'orthose, ne sont autres que des *luscladites*, offrant à tous égards la plus grande ressemblance avec celles du cratère du Ziani et de Lusclade au Mont Dore.

Il faut considérer comme un facies de variation dépourvu de néphéline, ou extrêmement pauvre en néphéline, mais fort riche en éléments colorés (augite, olivine, biotite, hornblende), la roche de la Côte des Neiges, à laquelle M. Adams a donné le nom de *montréalite*; là encore, il existe de l'analogie avec des roches malgaches et, à ce point de vue, on comparera avec fruit les analyses *e* et *H* avec celle (**283**) du gabbro mélanocrate d'Ambalafotsy, dans la province pétrographique d'Ampasindava.

Voici une série d'analyses mettant en évidence les caractéristiques du magma du mont Royal [*a* à *k* (F. Connor); *A* à *I* (Raoult), sauf *E* (Pisani)].

a. *Syénite néphélinique*, Corporation Quarry.	I'.(5)6.1'.'4.
A. *Monzonite*. — .	I(II).(5)6.(1)2.(3)(4).
b. — Westmount Quarry. . . .	II.6.2.4.
c. *Essexite*, Tunnel Mont Royal.	II'.(5)6.2'.4.
B. *Méta-essexite*, Corporation Quarry. . .	'II.5.(2)3.4.
C. — — . . .	II.5.'3.4.

1. Cette pegmatite rappelle celle de Brandberget, Gran (Norvège) décrite par M. Brögger, qui est accompagnée d'une hornblendite, hétéromorphe de la mafraïte.

	a	*A*	*b*	*c*	*B*	*C*
SiO^2	55,90	54,42	45,68	49,96	49,66	46,74
Al^2O^3	19,75	19,23	18,26	16,53	18,09	18,58
Fe^2O^3	1,00	2,93	2,87	3,18	3,42	4,78
FeO	2,05	2,22	3,98	4,35	4,19	4,19
MgO	0,59	0,78	2,63	3,95	2,23	1,51
CaO	3,10	5,04	8,06	8,24	6,88	8,76
Na^2O	7,25	6,41	6,41	4,81	4,99	5,88
K^2O	5,61	5,73	3,81	2,95	2,96	2,01
TiO^2	0,70	1,31	2,58	2,73	2,36	2,78
P^2O^5	0,01	0,24	0,22	0,32	0,51	0,49
H^2O +	2,00	0,59	0,75	0,70	2,21	1,08
—		0,34	0,07	0,07	0,22	0,07
MnO	0,10	»	0,14	0,10	0,21	0,24
BaO	0,09	»	0,01	0,05	»	»
CO^2	1,85	0,88	2,90	0,80	1,76	1,70
Cl	»	0,06	»	0,22	0,08	0,19
SO^3	0,04	0,17	0,10	»	0,28	1,15
	100,77 [1]	100,18	99,67 [2]	100,35 [3]	100,5	100,15

D. Mafraïte porphyrique, Mont Royal. . . . . . . II(III) . ′5 . 3 . 4[2(3) . ′2 . 2 . 2(3)].
E. Mafraïte porphyrique. (enclave dans syénite). ′III . 6 . 3 . 4[2 . 1 . ′3 . 2(3)].
F. Mafraïte porphyrique, Cimetière. . . . . . . ′III . 5(6) . 3 . 4(5)[2(3) . 1 . ′3 . (2)3].
d. Berondrite, Lookout. . . . III . ′6 . ′4 . 4[2 . (1)2 . 2(3) . 2].
G. Mafraïte pegmatique. . . . III . 5′ . ′4 . 4[′3 . 1(2) . 2 . (2)3].
e. Montréalite, Côte des Neiges. III(IV)[(5)6 . 3 . 4]′2 . 2 . 2 . 2.
H. — — . ′IV[5 . 3(4) . 4]2 . 1(2) . ′3 . 1.

	D	*E*	*F*	*d*	*G*	*e*	*H*
SiO^2	46,42	44,50	44,46	43,10	39,34	46,34	44,66
Al^2O^3	16,24	17,25	16,78	13,94	14,15	8,61	9,64
Fe^2O^3	5,24	4,90	7,36	4,92	9,03	5,58	4,98
FeO	5,79	5,45	4,86	6,93	7,84	6,55	6,05
MgO	5,81	5,05	4,00	8,86	6,58	11,66	12,83
CaO	10,22	12,10	12,72	14,65	13,08	15,54	13,11
Na^2O	3,71	4,65	3,86	2,50	2,05	1,52	2,07
K^2O	2,04	1,82	1,03	0,89	1,21	0,87	1,17
TiO^2	3,11	3,08	3,03	2,80	4,91	2,63	2,27
P^2O^5	0,48	0,25	0,89	0,27	0,84	0,24	0,24
H^2O +	0,26	1,66	0,56	0,55	0,88	0,57	0,79
—	0,49		0,64	0,15	0,25	0,10	0,11
	99,87	100,71	100,19	100,01 [4]	100,32 [5]	100,38 [6]	99,40 [7]

1. Y compris S 0,64.
2. Y compris SrO 0,02 ; FeS^2 0,38.
3. Y compris SrO 0,02 ; FeS^2 1,37.
4. Y compris MnO 0,14 ; BaO 0,03 ; SrO 0,03 ; CO^2 0,64 ; FeS^2 0,22.
5. Y compris Cl 0,16.
6. Y compris Cl 0,17.
7. Y compris MnO 0,19 ; SrO 0,03 ; CO^2 0,37 ; Cl 0,07 ; FeS^2 0,22.

Voici quelques analyses des roches filoniennes accompagnant les précédentes.

f. Nordmarkite. Tunnel Mont Royal. . . . I . 5 . 1 . 3'.
I. Akérite quartzifère. Mont Royal. . . . II(III) . 5 . 2 . 4.
g. Tinguaïte. Papineau Avenue, Montréal. . I(II) . 7 . 1 . 4.
h. — *analcimique*, Mile End Quarry. . I . 6(7) . 1 . 4.
i. Microberondrite (camptonite de M. Adams). III . (5)6 . 3 . 4.
j. Monchiquite. Réservoir Montréal. . . . III . (5)6 . 2(3) . 4.
k. Alnoïte. Port Saint-Charles.

	f	*I*	*g*	*h*	*i*	*j*	*k*
SiO^2	63,00	51,58	50,40	53,99	43,36	36,69	29,24
Al^2O^3	17,92	12,97	21,83	22,89	14,52	11,96	11,40
Fe^2O^3	0,50	5,59	2,51	1,04	1,45	5,45	5,84
FeO	0,90	4,47	1,41	0,44	6,13	8,90	4,74
MgO	0,93	3,57	0,39	0,07	7,12	7,35	10,38
CaO	1,50	9,62	3,17	0,32	10,53	10,28	18,35
Na^2O	5,93	4,41	9,96	10,79	3,35	3,88	1,44
K^2O	6,08	2,32	6,10	4,87	1,88	2,07	2,42
TiO^2	0,48	3,68	0,50	0,25	3,00	5,44	2,40
P^2O^5	0,05	0,83	0,10	0,25	0,24	0,67	2,10
H^2O +	0,50	0,77	2,35	4,70	1,28	1,70	5,05
—	0,06	0,39	0,15	0,18	0,32	0,25	1,04
MnO	0,03	0,13	0,27	0,23	0,15	0,38	0,15
BaO	0,02	»	0,33	»	0,01	»	0,24
CO^2	1,15	»	»	»	0,64	3,78	5,02
Cl	0,27	»	0,62	0,15	0,10	0,04	0,33
SO^3	0,03	»	»	0,03	0,25	0,92	»
	99,85[1]	100,28	100,26[2]	99,98	99,84[3]	100,21	100,45[4]

1. Y compris FeS^2 0,50.
2. Y compris SrO 0,07.
3. Y compris SrO 0,15 ; S 0,17.
4. Y compris SrO 0,01 ; FeS^2 0,47 ; Fe^7S^8 5,60.

APPENDICE AU TOME I

MINÉRALOGIE

Au cours de l'impression de ce volume, il m'est parvenu quelques documents qui viennent compléter les indications fournies dans les tomes I et II.

I. *Minéraux étudiés dans le Tome I*[1].

Amphiboles. — De belles aiguilles enchevêtrées d'*actinote* d'un vert pâle se trouvent dans le gneiss, à l'Est de Nosimiarana, sur la Beandrarezona, affluent de droite de la Bealanana ; des cristaux bacillaires englobés dans le quartz, entre Ambondrona et le mont Belanitra, à l'Est d'Itorendrika. Le diopside du M[t] Vohibe (cf. p. 306) est accompagné de beaux cristaux translucides d'actinote (m, g^1, h^1, h^2, g^2, $b^{1/2}$).

Les indices suivants ont été mesurés par M. Gaubert : *imerinite* : $n_g = 1,653$, $n_p = 1,638$ env. ; *torendrikite* : $n_g = 1,67$, $n_p = 1,65$ (méthode de l'immersion).

Apatite. — De gros fragments de cristaux d'un vert vif, accompagnent la phlogopite au pied du mont Inanato, au Nord-Est de Bekitro et dans la région de Fort-Dauphin. De l'apatite bleu de ciel transparente, semblable à celle de Janjina (t. I, p. 354), se trouve dans les calcaires d'Andohampona, à 1 kilomètre de Vahandroampo, près Itremo.

Barytine. — A Marovato, à 200 mètres d'Anjango (Nord d'Analalava), des cristaux laminaires de barytine blanche recouvrent des cristaux de quartz, au milieu des nodules de calcédoine des basaltes.

Bastnaésite. — Les minéraux lourds résultant du lavage des alluvions d'un affluent de gauche de la Rianila (Ouest-Nord-Ouest d'Anivorano) commu-

1. Dans le tome II, des renseignements complémentaires sur les différents minéraux des pegmatites ont été intercalés dans le chapitre consacré à ces roches. Pour la *dumortiérite*, Cf. page 528 ; la *lazulite*, page 530.

niqués par M. Mège, renferment, en même temps que de gros cristaux très roulés de zircon brun (densité 4,274), et de spessartite (densité 4,155), des fragments arrondis de bastnaésite, présentant des plans de séparation très faciles. M. Perrier de la Bathie a bien voulu rechercher le gisement originel de ces minéraux. Sur la périphérie occidentale du mont Andriantantely la spessartite et la bastnaésite se rencontrent dans les alluvions à l'origine d'un petit thalweg, où n'affleure aucune roche intacte, mais où l'on rencontre des blocs de quartz ; la montagne elle-même est formée par des gabbros, avec lesquels la bastnaésite n'a aucun rapport. Les produits du lavage des alluvions ont une origine complexe. Ils renferment des grains de hornblende et d'hypersthène provenant des gabbros et, avec du quartz, beaucoup de cristaux de zircon blanc rosé, de l'ilménite et des grains (5 à 6 millimètres) de *monazite* d'un jaune orangé. Ces minéraux sont roulés et ont dû subir un long transport. L'origine de la bastnaésite et de la spessartine reste donc à trouver ; par analogie avec ce qui est connu dans la vallée de l'Imorona, on doit penser que ces deux minéraux ne proviennent pas du même type de pegmatites.

Béryl. — J'ai observé deux cristaux transparents de béryl vert bouteille, très polychroïque, provenant des environs d'Andreba (lac Alaotra) ; ils mesurent de 7 à 8 centimètres et sont formés par m et a^1 (fig. 422 de la page 552 du tome I). Ils sont remarquables par les corrosions de toutes leurs faces.

Je viens de recevoir de M. Killas un curieux cristal de béryl verdâtre, translucide, du lac Pilina, consistant en un prisme hexagonal coiffé d'une pyramide aiguë, semblable à celle représentée par la figure 6 de la planche 24 du tome I. Les deux cristaux ont la même orientation géométrique.

Parmi des cristaux de béryl verdâtre, translucide, d'Ambatomainty sur le sentier allant de Midongy de l'Ouest à Fenoarivo (Sud d'Itremo), j'ai remarqué un prisme hexagonal basé dont deux faces m, parallèles, sont réduites, ce qui donne au cristal un facies orthorhombique.

M. Rasamoel m'a communiqué de longs prismes vert d'eau et d'un fort beau bleu parfois terminés par $p\ a^1,\ b^1$ (fig. 419, tome I) provenant de Betaimboraka au sud de Kandreo : il a constaté que convenablement chauffés, les cristaux verts deviennent bleus, propriété qui, d'ailleurs, n'est pas rare dans ce minéral.

D'après les renseignements que me communique M. Rossi, il existerait à Soarano deux types de pegmatite qui s'entrecoupent ; une pegmatite à muscovite et béryl bleu constituerait un filon distinct de celui qui renferme le béryl rosé, la topaze, la monazite et de larges lames de lépidolite violette : ces indications rectifient donc celles données à la page 332 du tome II.

Parmi les fragments de cristaux de béryl césifère d'Anjanabonoina, que j'ai examinés, j'ai observé des déformations pseudo-rhombiques, résultant d'un allongement suivant une arête pa^1.

Je donne ci-contre deux figures de ces déformations ; elles ont été

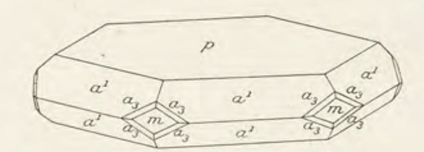


FIG. 4.
Béryl. Ampatsikahitra.

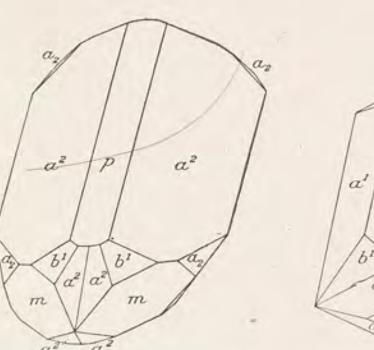


FIG. 5 et 6.
Béryl. Anjanabonoina.
Développement anormal pseudo-rhombique.

schématisées, car généralement, il manque des faces. La figure 6 est caractérisée par l'existence d'une face m frontale, associée à b^1, a_2, et, dans la zone d'allongement, à a^1 et à p. Dans la figure 5, la face m frontale de la figure précédente n'existe pas ; les faces mm (en avant) font entre elles un angle de 60°. Ici, les faces pyramidales de la zone d'allongement sont constituées par a^2.

Chlorites. — *Corundophyllite.* — La chlorite d'Antohidrano (T. I, p. 253 et 485) a été analysée par mon préparateur, M. Orcel, qui a obtenu les résultats suivants :

SiO^2	26,62
TiO^2	0,03
Al^2O^3	24,50
Fe^2O^3	2,66
FeO	8,50
MnO	0,07
CaO	0,30
MgO	25,87
H^2O +	12,16
—	0,06
	100,77

Cette composition est voisine de la formule

$$3SiO^2.\ 2(Al,Fe)^2O^3.\ 5,6(Mg,Fe)O.5H^2O,$$

c'est-à-dire de celle de la *corundophyllite* ; la densité de cette chlorite est de 2,70, ses propriétés optiques se rapprochent de celles de la corundophyllite de Chester. $2E(Na) = 40°$ (autour de n_g) ; $n_g = 1,595$; $n_m = 1,592$; $n_p = 1,584$ (Orcel).

Clinochlore. — Les chloritoschistes de Besafotra renferment des masses de clinochlore dont les lames ont individuellement jusqu'à 6 centimètres de diamètre.

Pennine. — Fort curieux sont de petits cristaux d'une chlorite d'un noir vert, uniaxe et optiquement négative, qui, en grand nombre, sont englobés à la périphérie des gros cristaux limpides de topaze du mont Marovoalavo. Ils sont hémimorphes, constitués par une pyramide hexagonale très aiguë reposant sur la base parallèlement à laquelle se produit le clivage facile. Ces pyramides ont moins de 1 millimètre de hauteur.

Chromite. — Dans une collection que m'a communiquée le Service des Mines, j'ai rencontré un échantillon de chromite, grenue, à éclat très éclatant, recueilli à 300 mètres de l'ancien village d'Ambodibonara (canton d'Ambodirafia, sur la rivière Sanisony, district de Tamatave).

L'analyse suivante (M. Raoult) donne sa composition qui correspond à la chromite (*str. sens.*) de M. Simpson (Cf. p. 309) :

Cr^2O^3	46,28
Al^2O^3	15,20
Fe^2O^3	5,82
FeO	27,01
MnO	0,24
MgO	4,59
CaO	0,28
TiO^2	0,28
H^2O +	0,09
—	0,04
SiO^2	0,58
	100,41

Columbite. — De jolies lames de columbite, groupées en éventail dans un plan, se trouvent dans la pegmatite de la région d'Ikalamavony. De grosses masses du même minéral offrant une disposition crêtée, mais régulière, englobent des cristaux d'orangite à Ambodivoandelaka.

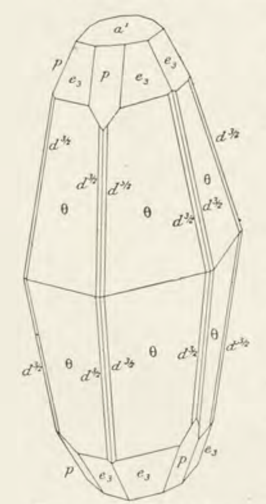


Fig. 7. — Corindon. Ambodilaingo.

Corindon. — J'ai donné page 249 du tome I une figure (fig. 146) destinée à interpréter une combinaison du corindon d'Ambodilaingo indiquée, mais non figurée, par M. Ungemach ; elle doit être remplacée par la figure 7. Les faces du scalénoèdre[1] $d^{3/2}$ $(32\bar{5}1)$ ne se trouvent pas en effet entre θ et *p*, comme je l'ai représenté inexactement, elles sont en zone avec θ.

On trouvera à la page 459 du tome II des renseignements complémentaires sur le gisement des cristaux de corindon rouge, englobés dans la syénite à sillimanite endomorphe.

1. Dans le texte se trouve une faute d'impression, $d^{2/3}$ au lieu de $d^{3/2}$.

Crichtonite. — Parmi les échantillons recueillis par M. Battini aux environs immédiats du poste d'Ambatofinandrahana, j'ai trouvé un fort beau cristal et des fragments de cristaux d'une crichtonite dont la densité est de 4,55. Ce cristal présente les formes $a^1(0001)$, $p(10\bar{1}1)$, $e_3(22\bar{4}3)$ dominantes, avec $b^1(01\bar{1}2)$ et $e^1(02\bar{2}1)$ réduites et inégalemnt développées et enfin une seule face $d^1(11\bar{2}0)$. La

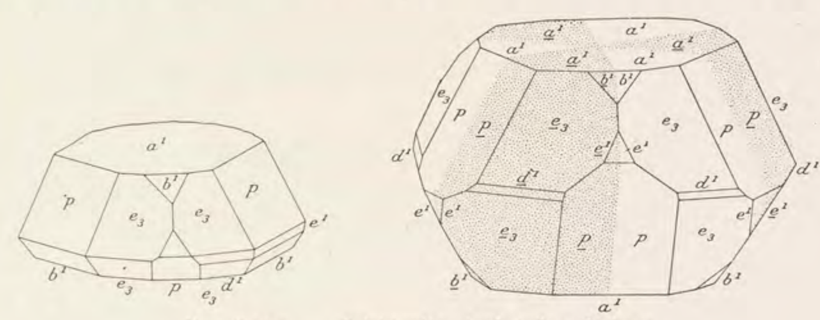


Fig. 8 et 9. — Crichtonite. Ambatofinandrahana.
Forme réelle (fig. 8). Forme interprétée (fig. 9).

figure 8 représente le développement réel de ces diverses formes ; on peut constater que, contrairement à ce qui a lieu d'ordinaire pour la crichtonite, l'isoscéloèdre e_3 n'est pas hémièdre et que ses faces sont également développées ; le cristal ressemble à ceux de l'hématite de l'île d'Elbe. Il s'agit là d'une macle suivant l'axe ternaire avec entrecroisement des deux formes hémièdres conjuguées. Il eût été intéressant de mettre cette hypothèse à l'épreuve à l'aide des figures de corrosion, mais ce cristal étant unique, je n'ai pu le sacrifier ; il présente, avec les faces e^1, b^1, d^1 en plus, la forme décrite et figurée par Mohs[1] dans son *axotome Eisenerz* d'Hofgastein, minéral que Kobell a, plus tard, désigné sous le nom de *kibdelophan*. Cette *crichtonite* possède des plans de séparation parallèles à la base.

Les gros octaèdres de magnétite, à plans de séparation a^1 faciles, accompagnant l'euxénite d'Ambakoana, à 3 kilomètres Ouest de Betafo, présentent des groupements perthitiques avec crichtonite (type de la figure 5 de la planche 8 du tome II).

Fig. 10. — Épidote. Macles polysynthétiques. Ampanihy.

Epidote. — J'ai vu de très beaux clivages éclatants d'épidote brunâtre provenant de la pegmatite d'Analatelo, au Sud-Ouest d'Andriba.

1. *Grundriss der Mineralogie*, t. II, 1824, p. 463, fig. 140.

La figure 10 représente, schématisée, la forme de gros cristaux (3 ou 4 centimètres $\times$ 1,5) d'épidote d'un vert sombre engagés dans de grands cristaux drusiques de quartz hyalin, parfois bipyramidés, provenant des fentes du gneiss d'Ampanihy (Haute Loky). Ces cristaux sont remarquables par la répétition des macles suivant h^1 qui sont surtout distinctes grâce aux stries de la face g^1 commune à l'assemblage ; il existe souvent des petites facettes e^1, $b^{1/2}$, etc., sur le bord de quelques-uns des individus de ces groupements. Des cristaux analogues, mais peu ou pas maclés, sont englobés dans le quartz du M[t] Vohibe (confluent de l'Ihosy et du Zomandao).

Erubescite. — L'érubescite de Fanambana (15 kilomètres Sud de Vohémar) a été analysée (M. Raoult) ; sa composition *a* répond presque exactement à la formule $5Cu^2S.Fe^2S^3$, admise page 186, t. I (composition *b*). L'analyse *c* est celle du minerai d'Androta mélange d'érubescite et de chalcopyrite).

	a	*b*	*c*
Cu.	63,20	63,33	42,90
Fe.	11,34	11,12	24,89
S.	25,65	25,55	32,34
	100,19	100,00	100,13

Euxénite. — De nombreux gisements nouveaux sont énumérés tome II dans la description des pegmatites. Deux d'entre eux méritent une mention spéciale. A Andranomafana (15 kilomètres à l'Ouest de Soavinandriana) (Cf. tome II, p. 230) ont été trouvés de gros cristaux, souvent groupés, de 12 centimètres de longueur et des cristaux moins gros présentant h^1 et g^1, avec des pointements $a^{1/2}$, $b^{1/2}$ dissymétriques ; ils sont un peu aplatis suivant g^1. De très jolis cristaux ne mesurant que 7 à 8 millimètres (h^1, g^1, $a^{1/2}$, avec ou sans p), se trouvent à Ambohidrano, à 2 kilomètres Est d'Ambatofotsy, le gisement de betafite.

Feldspaths. — *Microcline.* — Dans les éluvions des pegmatites à aegyrine du Nord d'Itorendrika, ont été recueillis des cristaux isolés, complets, de microcline mesurant de 2 à 3 centimètres. Ils sont très corrodés, noircis par de l'oxyde de manganèse ; ils sont caractérisés par la prédominance de *m* dans la zone verticale et présentent l'aspect de la figure 454 du tome II (page 563).

Des travaux récents ont fait exploiter à Anjanabonoina une pegmatite dont ont pu être extraits des cristaux nets (p, a^1, m, g^1, g^2, ${}^2g$) d'amazonite engagés dans le quartz ; ils ont jusqu'à 10 centimètres de plus grande dimension.

Le gisement exact des gros cristaux d'amazonite indiqués tome I, page 565,

comme provenant des environs d'Andriamena est Mahabe; des cristaux distincts d'un mètre de plus grande dimension y ont été trouvés.

Orthose. — J'ai examiné un échantillon de feldspaths d'Andreba qui permet d'interpréter l'*adulaire* dont il est question à la note 1 de la page 558 du tome I. Il s'agit d'un cristal de microcline provenant d'une druse de la pegmatite et qui est recouvert par un vernis de quelques millimètres d'épaisseur d'orthose, limpide, avec plans de séparation suivant $a^{1/8}$: l'orthose est ici un minéral de la phase pneumatolytique finale.

Albite. — L'amazonite récemment trouvée à Anjanabonoina est accompagnée de cristaux blancs d'albite (*cleavelandite*) dont les grandes lames, aplaties suivant g^1, mesurent de 4 à 5 centimètres de diamètre et sont groupées en gerbes, souvent associées à leur extrémité à de petits cristaux de tourmaline noire.

Galène. — De larges clivages de galène de 4 à 5 millimètres se trouvent dans le quartz à Ambatomitsangana, au Sud de Tsaratanana.

Grenats. — *Almandin.* — De beaux trapézoèdres a^2 d'almandin sont clairsemés dans un micaschiste à 2 kilomètres Ouest d'Ambodivohitra, sur la rive droite de la Mania (2 kilomètres Sud de Laondany).

Almandin-pyrope. — La place exacte de quelques-uns des gisements d'almandin pyrope, exploités pour l'industrie et cités dans le tome II, se trouve à $2^{km},100$ à l'Ouest d'Ankaditany (2 kilomètres du mont Ambohibolamena (Nord-Ouest de Ihosy); et à Amparihimbohitra, sur la rivière Marovoalavo (région de Marolambo).

Almandin-spessartite. — La pegmatite d'Andilana, au Nord du lac Alaotra, renferme des groupements à axes parallèles de cristaux de ce grenat, a^2 b^1, atteignant jusqu'à 10 centimètres de plus grande dimension.

Spessartite. — (Voir page 296 à *bastnaésite.*)

Grossulaire chromifère. — Une variété chromifère, vert émeraude clair, de grossulaire constitue une grenatite à 2 kilomètres Nord-Ouest de Bemotso, au Sud-Sud-Ouest de Mandritsara; elle ressemble à celle d'Orford (Canada).

Ouwarowite. — Cf. page 317.

Gypse. — M. Perrier de la Bathie vient de me communiquer de petits cristaux, simples ou maclés, de gypse de quelques millimètres correspondant aux figures 190 à 194 de la page 317 du tome I. Ils ont été trouvés dans un sondage fait pour la recherche de l'or à Antsatrakely près Ampotaka (région d'Andriba, en amont des chutes de Firingalava) ; ils sont englobés dans une argile grise, avec des nodules calcaires concrétionnés. Il s'agit là sans doute d'une couche profonde des alluvions de l'Ikopa, sous-jacente à la zone latéritisée, dans laquelle le carbonate de calcium est instable. Dans cette région, formée de schistes cristallins, on ne connaît, pour l'instant, aucune roche essentiellement calcaire.

Hambergite. — En visitant récemment la collection minéralogique de l'Université de Rome, j'y ai vu un cristal de hambergite d'Imalo représenté par la figure 11 ; c'est une forme inusitée dans ce gisement. Comme certains cristaux de hambergite de Maharitra, ce cristal présente la base très développée, e^1 est fort réduit. M. Millosewich a bien voulu faire la mesure qui a servi à préciser la notation de l'orthodôme.

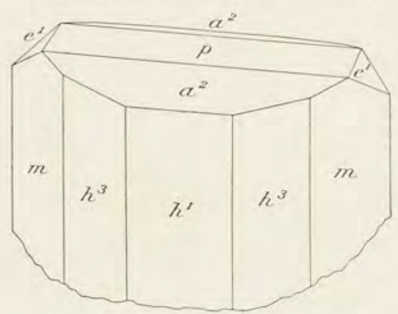
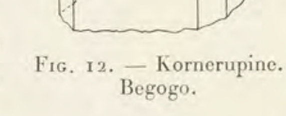


Fig. 11. — Hambergite. Imalo.

Hématite. — M. Rasamoel vient de me communiquer de magnifiques cristaux (a^1 d^1) d'hématite, aplatis suivant la base et mesurant jusqu'à 7 centimètres suivant un axe binaire et $1^{cm},5$ seulement d'épaisseur. Ils proviennent d'Ambatomainty sur la rive gauche de la Maroadabo, affluent de droite de la Mahajamba (district de Tsaratanana). Les conditions de gisement n'ont pas été déterminées.

Kornerupine. — Je viens de recevoir de M. Péclard le seul cristal net de kornerupine que j'ai vu jusqu'ici. Il provient de Begogo sur l'Ionaivo. Mesurant $4^{cm} \times 3 \times 2,5$, il ne présente que des faces prismatiques (fig. 12). Son aspect est celui du diopside. La nuance de sa couleur verte, sa cassure conchoïdale à éclat vitreux un peu gras ont appelé mon attention sur ce cristal : l'angle $mm = 81°10'$ et les propriétés optiques et chimiques permettent de compléter le diagnostic.


Fig. 12. — Kornerupine. Begogo.

Ce cristal est malheureusement privé de toute gangue, il supporte seulement quelques paillettes de biotite altérée.

Marcasite. — Des nodules de marcasite, formés de cristaux enchevêtrés et saillants à l'extérieur, se trouvent sur les bords de l'Ampopo, près de Manera.

Micas. — *Lépidolite.* — Quelques grandes lames violettes de lépidolite ont été trouvées à Anjanabonoina, enveloppées dans de gros cristaux de tourmaline lithique. Au Nord-Ouest de Soarano, des lames hexagonales de lépidolite violette (formées par l'imbrication de lames plus petites) mesurant jusqu'à 10 centimètres de diamètre, ont été découvertes récemment, associées à du béryl rose. Le même minéral forme aussi des agrégats de lames de un centimètre de diamètre.

Muscovite. — Depuis peu est exploitée au Sud de Kandreo, sur la Betaimboraka, une pegmatite fournissant de magnifiques lames de muscovite accompagnées de béryl vert et bleu : c'est le plus occidental des gisements exploitables de mica et de gemmes.

Phlogopite. — Voir tome II page 554, pour la description des gisements de la région de Fort-Dauphin.

Molybdénite. — La molybdénite signalée tome I, page 170, dans la région de Tsiroanomandidy, provient du bassin de l'Amparavanobe ; ses cristaux hexagonaux, atteignant jusqu'à 5 centimètres de diamètre, se trouvent dans une veine de quartz intercalée dans les micaschistes.

Monazite. — J'ai fait reprendre, avec toutes les précautions indiquées tome II, page 128, la mesure de radioactivité d'un certain nombre de cristaux de monazite des pegmatites ; les nombres ci-dessous, obtenus par M. Orcel, doivent remplacer ou compléter ceux donnés tome I, page 351 et tome II, p. 137.

		ThO^2 (M. Raoult).
Ampangabe.	0,37	15,38
Ambatofotsikely.	}	6,72
Région de Betroka.	} 0,17	
Tsarasaotra.	}	
Ankazotsifantrata..	0,15	
Tsarahafatra.	0,14	
Mont Vohitrambo.	0,12	
3 kilomètres Ouest Betafo. . . .	0,10	
Tsarasaotra.	0,10	4,21
Tsaratanana.	} 0,08	
Vazozo, près Miakanjovato. . . .	}	
Befanamo.	0,07	
Nord Ambalamafana..	0,06	
Soarano.	0,02	

La monazite de Morarano (70 kilomètres Nord-Ouest de Tananarive) et de Madiomby n'est pas radioactive.

Ces mesures donnent une idée de la variabilité de la teneur en thorium des monazites malgaches ; elles montrent que la radioactivité suit la même loi que la teneur en thorium.

Opale. — J'ai vu deux échantillons d'opale qui sont curieux par leur couleur ; l'un, jaune serin, provient de 400 mètres au Nord-Ouest d'Ambatosoratra (région du lac Alaotra), l'autre, jaune verdâtre, des alentours de la source chaude de Ranomafana dans la région de Manantenina; sans doute cette opale est-elle un produit de la source ou d'une source analogue.

Les terrains anciens latéritisés du lac Alaotra renferment des rognons d'opale blanche, ternes et terreux à la périphérie, translucides et jaunes à l'intérieur.

Une opale d'un vert olive provenant de gîtes de phlogopite de la région de Fort-Dauphin m'a été communiquée par M. Tacchi.

Orthite. — Des blocs d'orthite accompagnent l'euxénite, à 14 kilomètres Ouest de Soavinandriana et à Tiakoderaina (confluent de la Jabo et de la Lahimena.)

Les gros cristaux d'orthite des pegmatites malgaches ne présentent parfois aucune trace de radioactivité (Ouest de Tamatave, Belamosina, Amborompotsy, Sama), mais il en est d'autres qui possèdent une radioactivité fort nette ; voici le résultat des mesures effectuées par M. Orcel.

Ambatofotsikely.	0,16
Fiadanana.	0,11
Mananjara (Sahatany)	0,08
Tsarafahatra.	0,06
Sud-Ouest Betroka	0,04
Tiakoderaina.	0,03
Ambarivondrona.	0,01
Ranomafana près Ambatofotsy. .	0,01

Cette radioactivité est en relation avec la présence de la thorine ; on a vu à la page 452 du tome I que l'orthite d'Ambatofotsikely en renferme 5,60 pour 100.

On trouvera page 323 l'indication de gisements nouveaux d'orthite de la région de l'Itasy, où de gros cristaux sont associés à la betafite, à l'orangite et au malacon. L'orthite, très hydratée, prend une couleur d'un brun rouge, avec faible translucidité sur les bords qui lui donne l'aspect de la diadochite. Très fissurée, elle se désagrège en laissant à sa place un squelette cloisonné de même couleur, très caractéristique pour le diagnostic de l'orthite malgache.

Aux diverses catégories de gisements étudiées dans le tome I, il faut ajouter les *gneiss* pour les très petits cristaux d'allanite (Cf. tome II, p. 480).

Prehnite. — Je reçois de M. A. Tacchi un intéressant échantillon de prehnite mamelonnée et fibrolamelleuse ressemblant à de la calcédoine blonde : il supporte de gros cristaux (pm) de prehnite de même couleur. Ce minéral provient du gisement de phlogopite d'Enivahy près Ranopiso.

Priorite-Blomstrandine. — Les gisements de ces minéraux se multiplient.

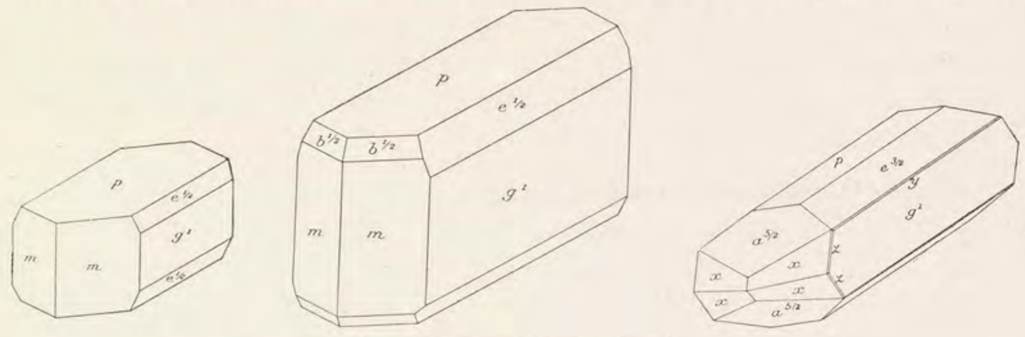


Fig. 13 à 15. — Priorite. Type I.
Ambadabao (fig. 13) ; forme commune (fig. 14) ; Ambohitromby (fig. 13).

Celui indiqué page 392 du tome I comme se trouvant à l'Est d'Ambatofotsy est situé en réalité au Sud du gisement de betafite. Il faut citer encore : Ambohitromby, près Ambatofotsy (radioactivité, 0,17), Fiadanana, puis Ambedabao sur la Manambolo, au Nord d'Ankazobe.

Les cristaux que j'ai observés correspondent à deux types, l'un (fig. 13 et 14) est allongé suivant l'axe a et présente des faces p largement développées ; les formes sont simples : p, m, g^1, $e^{1/2}$, $b^{1/2}$.

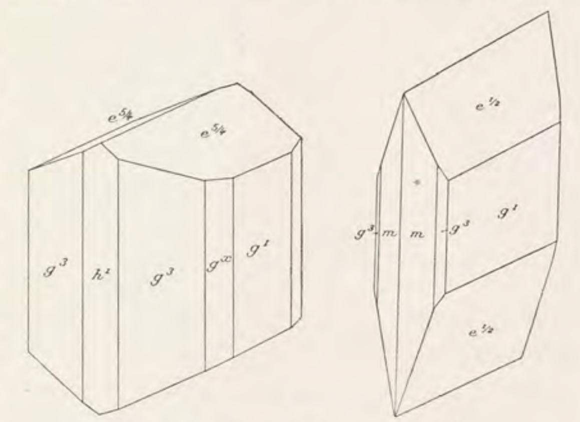


Fig. 16 et 17. — Priorite. Type III.
Ambohitromby (fig. 16) ; Ambatofotsy (fig. 17).

La figure 15 est celle d'un cristal plus aplati suivant p et présentant $e^{3/2}$(023) avec des faces arrondies z, y, les formes nouvelles $a^{5/2}$(205) et une pyramide x qui paraît être (b^1 $b^{1/11}$ $h^{1/8}$) (658), autant qu'on peut l'affirmer, d'après des mesures prises au goniomètre d'application ($a^{5/2}$ $a^{5/2}$ 59°, mes., 58°42′, calc. ; px 130° env. (mes.), 131°31′ (calc.) ; g^1x 106° (mes.), 105°35′ (calc.) ; xx sur a^x 148° (mes.), 148°50′ (calc.).

Un second type de cristaux (Ambohitromby) est représenté par la figure 289 de la page 392 du tome I ; il présente le même allongement que les cristaux

précédents, mais il est dépourvu de p, le prisme est g^2 et l'orthodome $e^{5/4}$.

Enfin, dans un troisième type, également dépourvu de la base, il n'existe ni allongement ni aplatissement (*fig.* 16) ; le prisme dominant n'est plus m, mais g^3, le dôme n'est plus $e^{1/2}$, mais $e^{5/4}$ (045). Une variante est caractérisée par un léger allongement suivant c, avec aplatissement suivant g^1 et présence de m (fig. 17).

En l'absence d'analyse, j'attribue ce minéral à la priorite plutôt qu'à la blomstrandine par analogie avec le groupe dont il est dimorphe, celui de l'euxénite-polycrase, qui, dans les gisements malgaches, n'est représenté que par le type le plus riche en niobium (*euxénite*). Tous les cristaux proviennent de la terre rouge ; ils ont plusieurs centimètres (jusqu'à 6).

Pyrite. — Des gâteaux de cristaux (pa^2) enchevêtrés de pyrite se trouvent dans les lignites jurassiques de Befotaka, vallée de l'Androta, affluent du Maevarano. Des cubes (1^{cm}) ont été recueillis dans le granite d'Andalahabe (1 km. N.-E. d'Ambodinara, près Vohémar).

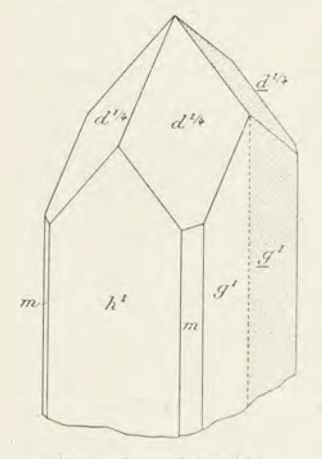


Fig. 18. — Diopside. Macle suivant h^1. Begogo.

Pyroxènes. — *Diopside.* — M. Georges Pachoud vient de me remettre de jolis cristaux (drusiques) de diopside vert foncé, transparents, mesurant plusieurs centimètres suivant c : ils proviennent de Begogo sur l'Ionaivo. Allongés suivant c, ils présentent les faces h^1 et g^1, également développées et planes, avec parfois de petites faces m : ils sont terminés par la pyramide $d^{1/4}$ toujours corrodée profondément. Ces cristaux sont tous maclés suivant h^1 et présentent souvent l'aspect pseudo-quadratique de la figure 18. D'autres, non maclés (m, $h^1 h^2$, $b^{1/2}$), proviennent du mont Vohibe (confluent de l'Ihosy et du Zomandao).

Leucaugite. — Le pyroxène gris de fumée constituant essentiellement la pyroxénite à spinelle du col d'Isandelo (page 558 du tome II) a la composition suivante (analyse *a*, M. Raoult) qui permet de l'identifier avec la *leucaugite* d'Amity (New-York) (analyse *b*, par Leeds, *Amer. Journ. of Sc.*, t. VI, 1873, p. 24).

	a	*b*
SiO^2	48,54	50,05
Al^2O^3	8,71	7,16
Fe^2O^3	2,81	0,56
FeO	0,96	»
MgO	14,42	14,48
CaO	24,56	25,63
H^2O	»	1,66
	100,00	99,54
Densité	3,249	3,26

Augite titanifère. — J'ai fait analyser (M. Raoult) l'augite extraite de la *fasinite* d'Ambaliha ; elle possède une densité de 3,207.

SiO^2	46,60
Al^2O^3	6,07
Fe^2O^3	4,85
FeO	3,72
MgO	12,21
CaO	23,88
Na^2O	0,47
K^2O	0,28
TiO^2	1,59
H^2O +	0,26
	99,93

Cette composition correspond à la formule

$$8\ SiO^3(Ca,Mg,Fe).SiO^6(Al,Fe)^2(Ca,Mg,Fe,Na^2,K^2).$$

La teneur en alumine de ce pyroxène montre qu'il correspond, au point de vue potentiel, à 13,6 pour 100 d'anorthite ; si l'on cherche à interpréter, avec cette donnée, l'analyse de la fasinite donnée à la page 645 du tome II (*analyse* **258**), on constate qu'elle est insuffisante pour expliquer la richesse en anorthite virtuelle de cette roche qui ne possède pas de plagioclases exprimés ; il faut donc admettre qu'une partie de cette anorthite existe à l'état dissimulé dans la néphéline et dans le feldspath alcalin.

Quartz. — Les pegmatites à amazonite de Mahabe, près Andriamena, renferment des cristaux transparents nets de quartz, hyalin ou un peu enfumé, ayant jusqu'à 35 centimètres suivant *c* ; d'autres, plus grands encore, sont formés par des groupements à axes parallèles de cristaux de moindres dimensions. Dans la même région, se trouvent des blocs d'un très beau quartz opalescent presque transparent. Les pegmatites de la région de Tsaratanana et celles de Mahatsara, au nord de Moramanga, renferment des géodes d'améthyste dont M. Rasamoel m'a communiqué de beaux cristaux dans lesquels la coloration d'un violet pâle, mais agréable, est irrégulièrement distribuée.

Calcédoine. — J'ai vu de belles concrétions stalactiformes de calcédoine provenant d'Andranovorimena, à 2 kilomètres Ouest de Soatana-Bepea (vallée du Soahanina, en amont d'Antsalova) et d'autres, recueillies à Vineta et à Anjamala (lit du Fiherenana). Dans ce même fleuve, près de Manera, se trouvent des blocs d'une belle variété de *prase*. Ces minéraux proviennent des basaltes.

M. Lamberton vient de signaler (*A. M.* III, 1916-17 [1922] p. 54), une énorme quantité de blocs de calcédoine, agate, jaspe, associés au basalte dans la plaine située entre Ambarimaninga, Belinta (Sud-Est lac Kinkony) et Bekipay.

Sillimanite. — Le gisement de corindon rose dans la syénite endomorphe d'Ambatofotsy (vallée de la Sahamaloto), (page 457 du tome II) renferme des blocs formés par des baguettes, bacillaires ou groupées parallèlement, de sillimanite qui atteignent 5 centimètres de longueur. Par leur blancheur et l'éclat de leur clivage, ces baguettes ressemblent plus à la trémolite ou à la wollastonite qu'à la sillimanite. Des rognons de fibrolite sont recueillis dans les alluvions à Sahavary, près Ambodiriana sur l'Ivoloina.

Spinelles. — De petits octaèdres roses, transparents, de spinelle ayant de 1 à 2 millimètres, et rappelant ceux de Ceylan, sont clairsemés dans un calcaire cristallin recueilli à 10 kilomètres au Sud-Est du mont Andramanalaza, au Nord-Nord-Est de Mandritsara.

De gros cristaux verts, associés à de la pargasite blonde, se rencontrent en grande quantité, dans un calcaire cristallin à Antanitoro, à 1 kilomètre au Sud du ruisseau Isaka, dans la région de Midongy de l'Ouest.

M. Marc Rollet m'a communiqué de magnifiques échantillons de spinelle provenant des gisements de mica d'Ilazofotsy dans la région de Betroka.

Ce spinelle est translucide, bleu ou d'un bleu verdâtre plus ou moins foncé. Les cristaux (a^1 b^1) atteignant un centimètre sont souvent cristallitiques ou à développement anormal. Ils sont englobés dans de la calcite laminaire.

Il existe des alternances de lits de calcaires à spinelle, et de lits de pyroxène incolore, puis de phlogopite en larges lames d'un jaune pâle.

M. Battini m'a remis de petits octaèdres de spinelle d'un vert bleuâtre, associés à de la phlogopite blonde dans un calcaire cristallin d'Ampiamy sur la rive gauche de l'Ionaivo, près Begogo (sur la route de Iakora à Ranotsara du Sud). Des cristaux de tourmaline noire ont été recueillis dans la même région. Cette observation est intéressante en ce qu'elle indique l'existence de calcaire cristallin dans une région, où cette roche n'était pas connue[1] encore.

M. Orcel a fait l'analyse suivante du spinelle d'Antohidrano (Cf. tome I, page 325) : l'examen spectrographique indique en outre des traces de zinc.

Al^2O^3	64,25
FeO	24,13
MgO	11,43
SiO^2	0,80
TiO^2	0,02
	100,53

1. M. Battini m'a signalé deux autres gisements de calcaires cristallins, l'un à 3 kilomètres Nord, l'autre à 10 kilomètres Ouest de Midongy du Sud.

Cette composition correspond à un mélange équimoléculaire de Al^2O^3MgO et de Al^2O^3FeO, c'est-à-dire à un terme intermédiaire entre le *spinelle magnésien* et la *hercynite* ; c'est donc un type défini de la série des *pléonastes*, il constitue l'homologue de la chromohercynite dans la série des spinelles chromifères. Parmi les analyses discutées par M. E.-S. Simpson [1], ce spinelle n'est pas éloigné de celui de Peeskill (New-York).

Al^2O^3	60,79
Fe^2O^3	5,29
FeO	21,74
MgO	12,84
	100,66

Sphène. — Les gros échantillons de sphène, d'un noir brunâtre, signalés page 583 du tome I, à Bekily proviennent des environs de la rivière Manakampy, à 1 kilomètre à l'Ouest du chemin de Bekily à Bekitro. Sous la même forme ce minéral accompagne la phlogopite dans beaucoup des gisements de phlogopite de l'Androy, notamment dans la région de Fort-Dauphin.

Thorite. — J'ai obtenu des renseignements sur le gisement de la thorite rouge citée, sans indication précise, à la page 243 du tome I. Ils m'ont été communiqués par M. Brusque.

La thorite d'un brun rouge forme non seulement des cristaux isolés, mais des groupements à axes parallèles de cristaux de plusieurs centimètres, à Ambatofotsy et à Befaritra (Belanitra de la carte), à $2^{km},5$ au Nord-Est du lac Pilina ; ils sont associés à la betafite.

Depuis la publication de mon premier volume, j'ai reçu de M. Brusque des échantillons provenant de la région située au Sud du lac Itasy et qui montrent que celle-ci mérite de devenir classique pour ses gisements d'orangite : ce minéral s'y présente en beaux cristaux (m, $b^{1/2}$) d'un magnifique jaune orangé clair ; ils atteignent 3 centimètres suivant l'axe vertical. Ils sont malheureusement toujours fendillés et extrêmement fragiles.

A Befaritra et à Soarivola (1 500 mètres au Sud-Ouest de Fiadanana, sur la rive gauche du Kitsamby et à 500 mètres au Sud de Sambaina), ils accompagnent la thorite. A Fiadanana, à Soarivola et à Sambaina, ils sont englobés parfois dans des cristaux de betafite ou dans des agrégats de cristaux de malacon : il en est de même à Mahatsinjo (près du lac Vinaninony) et à Ambodivoandelaka

1. A graphic method for the comparaison of minerals with four variable components forming two isomorphous pairs. *Miner. Magaz.*, t. XIX, 1920, p. 99.

(5 kilomètres Ouest d'Ambatofotsy) : de cette dernière localité j'ai vu aussi des cristaux d'orangite enveloppés dans de la columbite.

Les mesures de radioctivité effectuées dans mon laboratoire sont données page 320.

Le premier échantillon d'orangite malgache signalé dans le tome I a été analysé par M. Muguet, qui m'a donné les résultats ci-dessous (*a*) ; cet échantillon a été envoyé en France par M. Hanning, il paraît avoir été trouvé par son frère, décédé depuis peu, dans le bassin de la rivière Sahavary, affluent de gauche du Mananjary. Il serait intéressant de vérifier cette indication, car je ne connais pas de pegmatites dans cette région et le minéral offre exactement les mêmes caractères que celui de la région de l'Itasy.

L'analyse préliminaire *b* a été effectuée dans mon laboratoire, par M. Pied, sur la thorite rouge de Befaritra.

	a	*c*
SiO^2	13,00	12,6
ThO^2	64,56	61,5
U^3O^8	7,70	2,8
CaO	0,95	»
Fe^2O^3	0,78	13,1
H^2O + ...	5,74	5,5
—	5,30	4,0
	98,03[1]	99,5

L'analyse *b* montre que la thorite rouge que j'avais appelée uranothorite (tome I), à cause de son analogie avec le minéral d'Arendal, devrait être plutôt qualifiée de *ferrothorite* : d'après d'autres essais, il semble que la teneur en fer soit variable.

Topaze. — D'admirables cristaux transparents de topaze, incolores ou légèrement bleutés, ont été découverts récemment par M. Favre dans la pegmatite à amazonite de Mahabe près d'Andriamena ; alors que les faces prismatiques, très striées verticalement, sont intactes et brillantes, leurs sommets ont souvent disparu pour être remplacés par d'énormes figures d'accroissement à aspect plus ou moins conique et à surface courbe, dont l'étude reste à faire, l'un de ces cristaux pesant plus de 3 kilogrammes a été perdu, lors de la préparation de l'Exposition coloniale de Marseille où il devait figurer, avant d'avoir été examiné à fond.

Les figures 19 à 21 représentent les deux types observés : 1° m et p dominent, avec g^3 inégalement développé, e^1 et $e^{1/2}$; les cristaux offrent le développement de ceux de Mourzinka dans l'Oural ; 2° m et e^1 dominent, avec $b^{1/2}$ (irrégulier), b^1, $b^{3/2}$, p, e^2, a^1, puis, entre a^1 et b^1, une forme non mesurable ($a_{1/2}$ ou $a_{1/3}$) et, dans la même zone, entre b^1 et e^1, une autre face (de corrosion) ($e_{4/5}$?) ; c'est le type des cristaux de l'Ilmen. Dans le cristal présentant cette combinaison, e^1 porte des figures

1. Traces de phosphore et de plomb.

d'accroissement légères ; p, e^2, $b^{3/2}$, $a_{1/2}$ et $e_{4/3}$ de grosses figures d'accroissement en relief; sur $b^{1/2}$ et a^1, se voient de petites figures de corrosion, en creux.

Ces cristaux de topaze se trouvent dans les cryptes de la pegmatite, qui renferme :

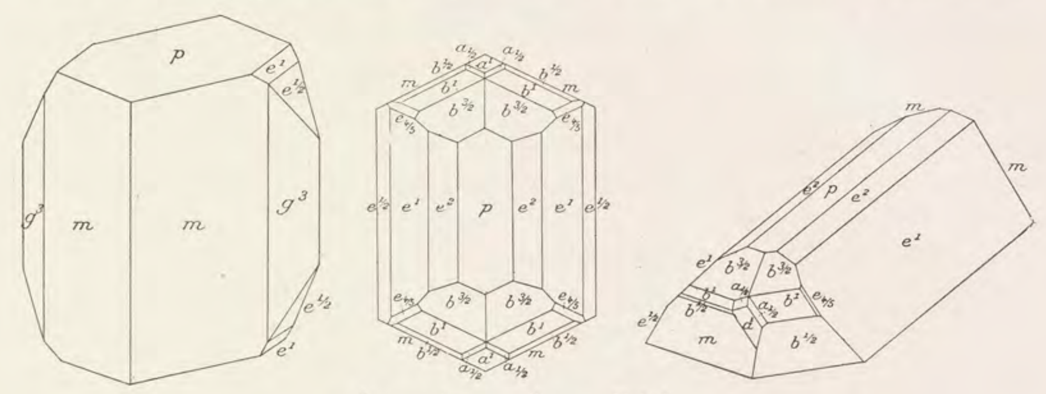


FIG. 19 à 21. — Topaze. Mahabe.
Type I (fig. 19). Type II (fig. 20 ; fig. 21 projection de 20 sur la base).

lépidolite, tourmaline noire, béryl (vert, rose, jaune, vert, incolore) et monazite, mais je ne connais avec certitude comme minéral drusique que la topaze, le microcline et le quartz.

MM. Péclard et Pachoud m'ont communiqué de beaux cristaux de topaze provenant du mont Marovoalavo à l'Ouest de Fandana (Nord du Zazafotsy). Ils présentent (fig. 22) l'aspect des cristaux de topaze d'Adun Tschilon par la prédominance de e^1 dans le sommet dépourvu de la base. Il semble exister aussi dans ce gisement des cristaux analogues à la figure 19.

La topaze de ce gisement est parfaitement incolore, mais la périphérie de ces cristaux est souvent riche en inclusions de petits cristaux noirs verdâtres de la chlorite (pennine) décrite page 297.

Ces cristaux, qui atteignent plusieurs centimètres de plus grande dimension, ont été recueillis dans les éboulis d'une pegmatite à béryl.

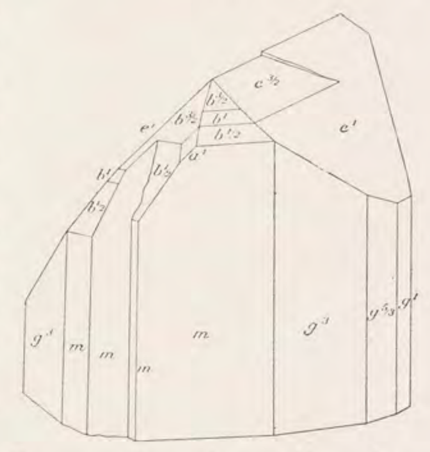


FIG. 22. — Topaze du mont Marovoalavo.

Thortveitite (*befanamite*). — MM. Ch. Boullanger et G. Urbain viennent de donner [1] les résultats définitifs des analyses dont j'ai indiqué les résultats préliminaires à la page 502 du tome I ; ils n'en diffèrent que fort peu.

	1	2	3	4	5	Moyenne.
SiO^2.	44,1	43,9	43,7	44,5	44,2	44,1
ZrO^2	9,9	7,4	7,8	»	»	8,4
Sc^2O^3.	41,7	41,8	42,6	42,8	43,4	42,4
Al^2O^3.	2,6	3,5	3,8			3,3
Fe^2O.	2,2	2,0	1,8			2,0
	100,5	98,6	99,7			100,2

Dans la scandine est comprise une faible quantité d'yttria (entre 0,3 et 1 pour 100), ainsi que des traces de néoytterbine et de lutécine ; il existe dans l'alumine des traces de glucine ; il faut signaler en outre des traces de manganèse, d'étain, d'antimoine et de plomb.

Ces résultats diffèrent de ceux fournis par les analyses de la thortveitite de Norvège[1], dans laquelle la proportion de terres yttriques est assez grande et dans laquelle la zircone et l'alumine sont absentes. La nouvelle étude chimique du minéral norvégien de M. Schetelig[2] confirmant les premiers résultats donnés par lui[3], il faut considérer non plus une thortveitite, mais une famille des thortveitites dont le minéral malgache est un terme essentiellement scandifère et riche en zircone ; un nom spécial peut lui être attribué, celui de *befanamite*, par exemple. M. Schetelig considère que la thortveitite est non pas orthorhombique, mais monoclinique [$a : b : c = 0,7674 : 1 : 0,5569 : zx = 77°28'$; dans cette nouvelle orientation les plans de séparation et les macles que j'ai observés paraissent correspondre à p] ; le plan des axes optiques est dans g^1, avec un angle d'extinction de 5° dans l'angle obtus ph^1.

L'examen microscopique comparatif de plaques taillées dans des échantillons translucides et dans d'autres, opaques, ne montre pas dans ces derniers de produit d'altération individualisé : leur opacité est due à des fissures.

Tourmalines. — *Tourmalines ferrifères.* — Aux gisements fournissant de gros cristaux de tourmaline, il faut ajouter Ampanosolo, au Nord-Ouest d'Ampitahana, dans la région de Soavina (Nord d'Ambatofinandrahana) (cristaux de 10 centimètres); Antanetilava à 4 kilomètres Ouest du mont Ankoraka (11 kilomètres Nord-Est d'Ambatondrazaka) (Voir aussi les gisements cités dans le chapitre des pegmatites).

Tourmalines lithiques. — Dans la description de ces minéraux donnée dans le tome II, j'ai omis de signaler une particularité intéressante observée dans

1. Cf. les analyses données dans la note 1 de la page 502 du tome I.
2. *Norsk Geol. Tidsskr.*, Bd VI, 1922, p. 233 et Die Mineralien d. Südnorweg. Granit-Pegmatitgänge. II. *Silikate der seltenen Erden* Von W.-C. Brögger, Th. Vogt, J. Schetelig. 1922 [Thortveitite Schetelig. p. 51].
3. Dans le minéral norvégien, des résultats contradictoires ont été indiqués au sujet de l'existence de traces de glucine.

les cristaux de Maharitra et d'Anjanabonoina. Dans les lots de pierres égrisées, j'ai trouvé parfois des cassures conchoïdes en forme de calottes sphériques intéressant tout le cristal et symétriquement placées aux extrémités de l'axe vertical; elles donnent aussi des solides réguliers à forme lenticulaire : ce type de cassure a été signalé déjà par Patrin dans le béryl d'Adun Tschilon (Cf. Tome II, page 301).

La région de Betroka renferme des gisements de tourmalines lithiques rouges et vertes dont j'ai vu des échantillons, mais sur la provenance exacte desquels je n'ai pu obtenir de précisions.

M. Rasamoel vient de me communiquer de beaux cristaux de rubellite et de tourmalines lithiques d'autres couleurs rappelant ceux de Maharitra (fig. 301, 305 à 307, 309 du tome I, avec fréquentes déformations du type de la figure 322) qu'il a trouvés à Ilapa (vallée de la Sahatany). Ils sont accompagnés de cristaux de béryl rose (densité 2,88).

Tscheffkinite. — Au cours de l'impression, j'ai étudié quelques nouveaux cristaux de ce minéral provenant d'Itorendrika et, à ma demande, M. Ungemach a bien voulu revoir les siens. Ce nouvel examen confirme les conclusions formulées

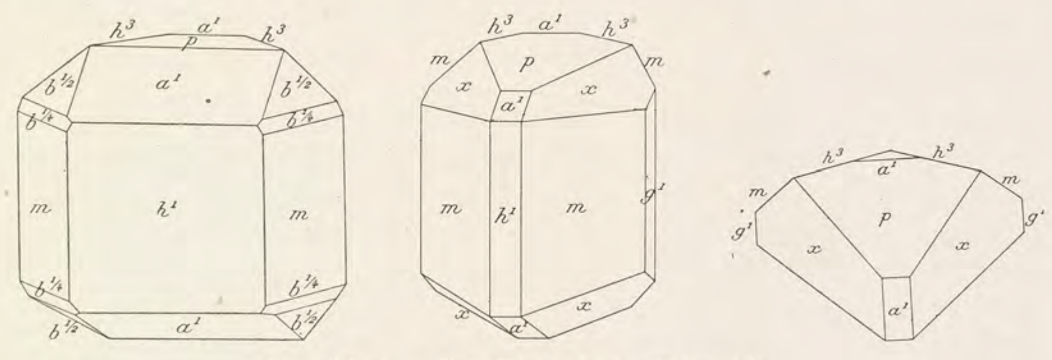


FIG. 23 à 25. — Tscheffkinite. Région d'Itorendrika.

dans le tome I (p. 586) : l'hémimorphisme se présente d'une façon à peu près constante, mais avec tant d'irrégularités qu'il semble bien qu'il doive être considéré comme résultant d'une simple malformation.

Les deux cristaux figurés ci-contre correspondent aux deux types établis antérieurement. La figure 24 représente un cristal portant non pas $b^{1/2}$, mais une pyramide, également en zone avec a^1 qui est $x(b^{1/7}b^1b^{1/3})$ (343). La figure 23, qui correspond au type II, présente, en outre de $b^{1/2}$, de petites facettes appartenant probablement à $b^{1/4}$ (221). Dans ces deux cristaux, il n'existe que m en avant, alors qu'en arrière, se trouve, en outre, un prisme voisin de h^3 (fig. 25, projection sur p de la figure 24).

La tscheffkinite possède une faible radioactivité (Betroka, 0,11 ; Itorendrika,

0,04) : un échantillon provenant des Kanjamala Hills (Indes) n'est pas radioactif, ce qui prouve que l'étude chimique du minéral de cette localité, dans lequel a été signalée une forte proportion de thorium, est à reprendre.

Wernérites. — Un cristal intact de Volonandrango a fourni les indices de réfraction suivants (Na) ; n_g=1,5585 ; n_p=1,5427 ; n_g-n_p=0,0158. Densité 2,63. Ces constantes en font un dipyre.

Zircon. — Les gisements de M. Chulliat et de M. Barbe dont il est question page 238 du tome I, fournissent le même type de cristaux, mais ils sont géographiquement distincts ; le premier se trouve au Sud-Ouest de Fanovana, à Maromitata, le second, au Sud-Ouest de Beforona, à l'Est de Sahanonoka (Cf. carte, page 459 du tome II). Voir plus haut à *bastnaésite*.

M. Bourdariat vient de me communiquer un fragment d'un énorme cristal de zircon identique à celui du mont Ampanobe, il aurait été trouvé à l'Ouest de Vatomandry. M. Rollet m'en a envoyé un semblable, mais un peu translucide, provenant de la région de Betroka.

Les alluvions de la Kamoro à Bekabiza sont riches en fort petits cristaux de zircon, blancs ou incolores.

Malacon. — Les recherches récentes effectuées dans la région d'Ankazobe et au Sud du lac Itasy ont fait découvrir, avec l'euxénite et la betafite, des gâteaux de malacon de plusieurs centaines de grammes. A signaler en particulier Befanamo (avec très gros cristaux de *monazite*), Fiadanana et surtout Befanala, près Belamosina où les cristaux élémentaires de ces masses bacillaires atteignent 10 centimètres de longueur ; comme d'ordinaire, ils sont terminés par des formes arrondies. A citer encore Ambodivoandelaka, où ce malacon englobe de gros cristaux d'orangite.

M. Urbain vient de constater dans ces malacons une petite quantité de *celtium* et de terres yttriques.

II. — *Minéraux non décrits dans le tome I.*

HALOTRICHITE[1]

$[SO^4]^4Al^2\overset{II}{Fe} + 24\ H^2O$.

Propriétés cristallographiques. Fines aiguilles monocliniques.
Dureté. 1,5 à 2. — *Densité.* 2,89.

1. Cf. tome I, p. 319.

Propriétés optiques. Blanche, parfois jaunâtre. Transparente à translucide. Éclat soyeux se ternissant à l'air.

Propriétés chimiques. La formule donnée plus haut correspond à la composition : SO^3 34,5 ; Al^2O^3 11,0 ; FeO 7,8 ; H^2O 46,7.

Soluble dans l'eau (saveur astringente). La solution se trouble par l'ébullition.

Au chalumeau, fond dans son eau de cristallisation, puis perd cette eau et de l'acide sulfurique, en laissant un résidu brunâtre d'alumine et d'oxyde de fer.

GISEMENTS

L'halotrichite résulte de la réaction sur les roches alumineuses des produits de la décomposition de la pyrite. Elle forme des croûtes concrétionnées et fibreuses dans nombre de gisements d'argiles et de schistes pyriteux, parfois dans les fentes des schistes cristallins, du granite, des roches basiques. Sa solubilité dans l'eau ne permet pas sa persistance pendant la saison des pluies, mais on peut la rencontrer parfois dans les gisements précités pendant la saison sèche. Je dois signaler son existence à Madagascar (env. de Miandrivazo, par exemple), mais, dans aucun gisement, je ne l'ai vue en beaux échantillons.

IDOCRASE[1]

$[SiO^4]^5Al^2[Al(OH,F)]Ca^6$.

Propriétés cristallographiques. Quadratique. $c = 0{,}53719$. Clivages très difficiles suivant $m(110)$, $h^1(100)$ et $p(001)$. Cassure inégale.

Dureté. 6,5. — *Densité.* 3,45 à 3,35.

Propriétés optiques. Verte, jaune, brune de diverses nuances, rarement bleue ou rose. En lames minces, les cristaux apparaissent généralement zonés. Éclat vitreux, un peu résineux. Poussière blanche. Transparente à translucide.

Uniaxe (avec fréquente dislocation de la croix noire) et optiquement négative ou plus rarement positive ; certains cristaux présentent des zones alternativement positives ou négatives. Haute réfringence ($n_g = 1{,}719$ à $1{,}722$) et biréfringence très faible ($n_g - n_p = 0{,}001$ à $0{,}06$). Parfois léger polychroïsme en lames minces.

Propriétés chimiques. Dans la formule donnée plus haut une petite quantité d'alumine peut être remplacée par du fer, du bore, un peu de la chaux par de la magnésie, du manganèse, du fer et plus rarement du cuivre (*cyprine*).

Au chalumeau, fond facilement en bouillonnant en un verre jaune brun ou verdâtre suivant la teneur en fer.

Très difficilement attaquée par les acides, mais fait gelée avec l'acide chlorhydrique après calcination ou fusion.

Diagnostic. La forme quadratique (m généralement accompagné de $b^{1/2}$ et souvent de p) est caractéristique parmi les silicates de cet aspect. En l'absence de formes cristallines, la biréfringence

1. L'idocrase est à placer dans la systématique après le groupe de l'*épidote*, page 453 du tome I.

et ses particularités permettent de distinguer l'idocrase de la zoïsite et des grenats même lorsque ceux-ci sont biréfringents.

GISEMENTS

L'idocrase est un minéral des calcaires cristallins et des calcaires modifiés par action de contact ; je l'ai trouvée dans ces dernières conditions de gisement comme élément microscopique de cornéennes calcaires métamorphisées par les syénites néphéliniques de la province d'Ampasindava.

Je ne connais qu'un seul gisement malgache d'idocrase déterminable à l'œil nu ; il s'agit des roches métamorphiques d'Antetezantany, décrites page 552 du tome II.

Au milieu d'un calcaire cristallin ou de roches blanches, essentiellement formées par de la wollastonite laminaire, l'idocrase forme de gros grains d'un beau jaune d'or ; je n'y ai pas vu de formes cristallines.

OR PALLADIÉ (*Porpézite*).

M. Hanning m'a communiqué quelques grammes d'un or, dans lequel il me signalait une petite quantité de *palladium* et de platine. Cet or provient des alluvions du ruisseau Ranomena, descendant du massif d'Ambatomasina (bassin de l'Amboasary), à l'Ouest d'Ampadimadinika.

J'ai distingué, parmi les petits grains métalliques roulés, deux types, l'un, d'un beau jaune d'or, l'autre, jaune pâle (*électrum*). Quelques grains de chacun de ces types ont été essayés spectrographiquement par M. Orcel et dans l'un et l'autre, la présence du palladium a été constatée en même temps que l'absence du platine.

MM. Orcel et Pied ont eu la patience de trier, grain par grain, environ 2 grammes de chacun de ces ors qui ont été analysés par un chimiste d'une grande compétence en métaux précieux, M. Molinié.

	Or jaune foncé.	*Or jaune pâle.*
Or	96,7	92,8
Argent	2,3	3,0
Palladium	0,6	3,8
Non dosé [1]	0,4	0,4
	100,0	100,0
Densité	17,98	16,98

1. La présence du cuivre a été constatée.

La composition de l'or jaune pâle doit être comparée à celle de l'or palladié (*porpézite*) du Brésil ; cependant les analyses suivantes données par Berzelius[1] (*a*) pour le minéral de Porpez, et par Seamons[2] (*b*) pour celui de Taguaril près Sabara (Miñas Geräes), indiquent dans ceux-ci une teneur plus élevée en palladium.

	a	*b*
Or.	85,98	91,06
Argent.	4,17	tr.
Palladium.	9,85	8,21
	100,00	99,27

OUWAROWITE

Les propriétés de ce minéral sont données page 459 du tome I, dans les généralités consacrées aux *grenats*.

Sa caractéristique réside dans sa couleur d'un beau vert émeraude foncé qui persiste même en lames minces, et qui permet ainsi de le distinguer de la variété chromifère de grossulaire dont il est question à la page 565 du même volume.

L'ouwarowite donne avec le sel de phosphore et le borax la perle verte caractéristique du chrome.

GISEMENTS

Je ne connais à Madagascar qu'un seul gisement d'ouwarowite, à Berivotra (3 kilomètres au Sud de Kamaka), dans la région de Midongy de l'Ouest. Ce grenat s'y trouve en petits rhombododécaèdres ou en grains agglomérés dans la grenatite feldspathique à pyroxène décrite page 565 du tome II.

A l'inverse de ce qui a lieu dans tous les autres gisements connus de moi, et dans lesquels l'ouwarowite est biréfringente avec structure de la pyrénéite, celle de Berivotra est monoréfringente. Il serait intéressant d'en avoir une analyse chimique.

1. *Neues Jahrb.* 1835, p. 184.
2. *Chem. News*, t. 46, 1882, p. 216.

APPENDICE AU TOME II

THORIUM ET AUTRES MÉTAUX RADIOACTIFS[1]

Mesure de la radioactivité. — Les mesures de radioactivité effectuées dans mon laboratoire depuis la publication du tome II, ont conduit à quelques remarques qu'il y a lieu de signaler comme complément aux indications données page 128.

Les discordances maintes fois constatées entre les mesures de radioactivité effectuées par des expérimentateurs différents paraissent être dues essentiellement aux deux causes suivantes :

1° Les rayons α — qui constituent la partie fondamentale du rayonnement utilisé dans l'appareil — le sont plus ou moins complètement suivant la forme de celui-ci et le sont différemment suivant qu'il s'agit de l'uranium, du radium ou du thorium[2].

Il est donc indispensable de spécifier, lorsqu'on donne des mesures, quel est le genre de l'appareil qui a été employé.

Toutes les mesures dont les résultats ont été consignés dans cet ouvrage ont été prises à l'aide d'un électroscope à feuille d'aluminium établi par Pierre Curie lui-même et décrit dans le *Traité de Radioactivité* de Mme P. Curie, à la page 78 du tome I.

2° Dans le cas des minéraux du thorium qui, à froid, émet une émanation, celle-ci se dégage plus ou moins facilement suivant que la substance est hydratée ou non. Les produits d'hydratation deviennent plus perméables à l'émanation et sont par suite plus radioactifs que le minéral primordial. L'émanation peut provoquer des phénomènes du même ordre de grandeur que ceux produits par les rayons α. Il semble donc qu'il y ait là une différence essentielle avec les minéraux dont la radioactivité est due seulement à du radium et sur lesquels j'ai fait une observation inverse à la page 131 du tome II.

1. Cf. Tome II, p. 122.

2. Dans le cas simple où le thorium est le seul corps radioactif existant dans le minéral (voir page 303 pour la *monazite*), la radioactivité est à peu près proportionnelle à la teneur en ThO^2 ; mais dans le cas de l'association de plusieurs corps radioactifs (thorite), la question se complique et les résultats sont parfois difficiles à interpréter.

J'ai fait effectuer dans mon laboratoire une série de mesures par MM. Orcel et Pied sur des thorites et des orangites à l'aide de l'appareil qui vient d'être indiqué plus haut (*a*) et comparativement (*b*) à l'aide d'un autre modèle, Système Cheneveau-Laborde (modèle bas), décrit dans le *Traité de Radioactivité*, tome I, pages 83 et 84.

Dans le tableau suivant les minéraux étudiés sont classés par ordre de radioactivité décroissante ; les nombres donnés sont ceux de la radioactivité finale.

		a	*b*
Orangite.	Ambodivandelaka	2,80	2,0
Thorite rouge.	Ambatofotsy	2,75	2,10
		2,70	2,00
Orangite.	Soarivola	1,70	1,50
		1,65	1,45
Thorite rouge.	Befaritra	1,40	1,15
		1,35	1,10

On voit par ces résultats que le second appareil, qui est commode, facile à transporter et par suite assez répandu parmi les prospecteurs, a fourni pour cette série d'expérience des nombres sensiblement inférieurs à ceux obtenus à l'aide du vieil appareil de Curie[1]. Par contre le même échantillon de thorite rouge d'Ambatofotsy, que Mme Curie a bien voulu faire examiner dans son laboratoire, à l'aide d'un troisième genre d'appareil dont la chambre d'ionisation est beaucoup plus grande que dans les deux appareils précités, a fourni un résultat encore plus élevé (3,57).

Sir Ernest Rutherford a montré que les sels de thorium calcinés fortement perdent le pouvoir de dégager leur émanation ; le thorium ainsi modifié est qualifié de déémané. L'expérience a été répétée sur les échantillons de l'orangite de Soarivola dont l'analyse est donnée page 310, elle a fourni à M. Pied les résultats suivants : avant calcination 1,50 à 1,45 ; après calcination 1,15.

Minéraux uranifères. — Une note a été publiée par M. Waites sur les minéraux radioactifs de Madagascar dans une importante revue de l'Afrique du Sud [104]. Il me semble indispensable de relever les nombreuses inexactitudes que renferme cet article, non point par vaine critique, mais parce qu'il est nécessaire de ne pas laisser s'accréditer des légendes concernant les ressources naturelles de notre colonie.

L'auteur décrit les pegmatites des Vavavato comme formées par du quartz, de l'orthose, de la hornblende et de l'uranite qui aurait été prise pour de la biotite (!).

1. Les thorites de Norvège ont fourni des résultats inverses :

	a	*b*
Orangite. Lövö	1,18	1,41 à 1,36
Uranothorite. Environs d'Arendal	1,00	1,15

Le feldspath de ces pegmatites renfermerait 1 pour 100 d'oxyde d'urane. Les minerais d'urane se trouveraient dans les pegmatites et dans les schistes cristallins ; ils constitueraient des veines que l'on pourrait suivre sur un grand nombre de kilomètres (70 kilomètres dans un cas !). Enfin, chose plus étrange encore, l'auteur décrit les pisolites de ctypéite de Mahatsinjo (la localité est indiquée Marais d'Ifanja, mais il n'y a pas de doute géographique possible d'après la description) comme étant un minéral uranifère et par suite radioactif. Par acquit de conscience, des essais de radioactivité de ce minéral et de l'enduit limoniteux qui l'accompagne ont été faits, ils ont été négatifs.

PÉTROLES, PISSALPHALTES, ASPHALTES [1]

Les résultats donnés ci-dessous résultent de l'étude du minerai asphaltique de Bemolanga ; ils viennent d'être publiés par MM. A. Merle et Gault [262[ter]] ; ils complètent ceux de la page 187 du tome II. Les échantillons I ont été distillés en alambic à l'aide de la vapeur d'eau surchauffée à 350°. Les échantillons II ont été soumis à la distillation sèche.

COMPOSITION DU MINERAI :

	ASPHALTE		SABLES BITUMINEUX			
	I	II	I	II	II	II
Teneur en bitume. . . .	92,33	98,50	7,07	10,56	10,30	8,70
— soufre . . .	1,68	»	0,83	»	»	»
Pouvoir calorifique.. . .	5970	9526	645	1180	1100	113
Cendres pour 100. . . .	»	0,65	91,50	88,20	89,90	87,10
Carbone fixe..	»	15,45	0,75	1,80	0,50	4,15

RÉSULTATS DE LA DISTILLATION :

	ASPHALTE		SABLES BITUMINEUX			
	I	II	I	II	II	II
Eau de distillation. . .	»	6,32	»	0,45	1,00	1,87
Huile brute pour 100. .	59,23	69,60	4,50	7,00	6,95	5,20
Résidu (coke).. . . .	26,70	16,10	»	90,00	90,40	91,25
Gaz et pertes.	14,07	7,98	»	2,55	1,65	1,68
	100,00	100,00	4,50	100,00	100,00	100,00

1. M. Perrier de la Bathie m'apprend que le bitume qu'il m'avait signalé au Sud de l'embouchure de l'Onilahy (Tome II, p. 187) n'est pas en place, mais a été apporté (de l'Isalo ?) par les crues sous forme de boules éparses dans le sable.

HUILES BRUTES :

	H. D'ASPHALTE		H. DES SABLES BITUMINEUX			
	I	II	I	II	II	II
Poids spécifique à 15°.	0,928	0,899		0,901	0,900	0,888
Viscosité Engler à 35°.	3,0	»		»	»	»
Point d'inflammation.	25°	»		»	»	»

FRACTIONNEMENT DE L'HUILE D'ASPHALTE :

Première goutte.	45°
Essence (< 150°/760mm).	5,3 pour 100
Pétrole (< 240°/100mm).	16,0 pour 100
Huile de vaseline (< 356°/100mm).	55,2 pour 100
Brai.	19,1
Gaz et pertes.	4,4
	100,0

a. ESSENCE :

d_{15}.	0,728
Pouvoir calorique.	9 440 cal.

b. PÉTROLE :

d_{15}.	0,858
Pouvoir calorique.	11 050 cal.

c. HUILE DE VASELINE :

d_{15}.	0,932
Viscosité à 35°.	6,19 E
Point d'inflammation.	106°

FRACTIONNEMENT DE L'HUILE DE VASELINE :

Huile légère machine (240-300° sous 100mm).	29,3 pour 100
Huile lourde — (300-340° —).	29,5 pour 100
Huile cylindre (> 340° sous 100mm).	39,5 pour 100

α. HUILE LÉGÈRE MACHINE :

d_{15}.	0,905
Viscosité à 35°.	1,84 E

β. HUILE LOURDE MACHINE :

d_{15}.	0,932
Viscosité à 35°.	8,25 E

γ. HUILE CYLINDRE :

d_{15}.	0,984
Viscosité à 56°.	22,02 E

LITHOLOGIE

A. — *ROCHES ÉRUPTIVES DU MASSIF CRISTALLIN*

I. — PEGMATITES A MINÉRAUX RADIOACTIFS.

Les pegmatites exploitées à Madagascar pour l'extraction des minéraux radioactifs sont généralement très désagrégées ; souvent aussi ces minéraux sont recueillis seulement dans la Terre rouge ; il en résulte qu'il est extrêmement rare de pouvoir les observer dans une gangue cohérente et par suite d'établir leur ordre de cristallisation, aussi des échantillons qui viennent de m'être communiqués par M. Brusque présentent-ils un très vif intérêt.

Dans la pegmatite de Mahatsinjo, sur les bords de la Sahasarotra (gisement à ajouter à ceux indiqués tome II, p. 282) ont été trouvées des veinules (ou de petits amas) limitées par de larges lames de biotite : ells sont constituées par la concentration d'une grande quantité de gros cristaux d'orthite, de betafite, d'almandin-spessartite, d'orangite et par des agrégats de cristaux de malacon, ayant individuellement de moindres dimensions ; ces minéraux sont accompagnés d'un peu de quartz enfumé et de fort peu de microcline en partie décomposé.

Il est des cas dans lesquels ces veinules n'ont pas de disposition régulière ; dans d'autres, elles ont une allure symétrique ou tout au moins ordonnée. Sur la biotite, par exemple, est disposée une zone continue de 2 à 3 centimètres d'épaisseur formée par des cristaux gris rosés de malacon dont les pointements distincts sont tournés vers le milieu du filonnet ; ils englobent parfois de longs prismes d'orangite de formation contemporaine ; une semblable disposition se trouve aussi à Saorivola, près de Fiadanana. Au delà de cette zone de malacon, sont concentrés l'orthite, la betafite (a^1, b^1), le grenat (a^2) ; ces minéraux s'entrepénètrent et ne présentent de formes géométriques nettes que lorsqu'ils sont englobés par le quartz. Dans un autre gisement, situé au Nord de Fiadanana, l'orthite est nettement englobée par la betafite. Il faut ajouter que le malacon se présente aussi quelquefois dans cette partie centrale des veinules pegmatiques.

Dans certains cas, les deux zones extérieures de biotite sont régulièrement parallèles ; j'ai observé autrefois une disposition de ce genre dans la pegmatite de Garta, près Arendal (Norvège), mais le minéral qui, dans ce cas, englobe des cristaux de fergusonite ou d'euxénite est du microcline et non pas du quartz comme à Madagascar.

On peut extraire de ces gisements des blocs cohérents pesant plusieurs kilogrammes dont les minéraux sont généralement très altérés. Le grenat est transformé en oxydes amorphes de fer et de manganèse, l'orthite est devenue d'un brun rouge (Cf. page 304) ; la betafite est d'un beau jaune d'or et translucide sur les bords, l'orangite extrêmement fragile. Seuls les cristaux de ce dernier minéral, quand ils sont englobés par le malacon, sont d'une grande fraîcheur.

M. Brusque vient de me signaler la découverte dans la même région de blocs d'euxénite pesant jusqu'à 10 kilogrammes et constitués par des cristaux assemblés en groupes bacillaires et ne présentant de formes nettes qu'à l'une de leurs extrémités. Ils englobent des cristaux de monazite et de columbite.

II. — GRANITES ET SYÉNITES.

Je viens de recevoir de M. Perrier de la Bathie une série de roches du massif de l'Andringitra du Sud qui, jusqu'à présent, a été peu exploré.

Granite monzonitique. — La roche qui domine, d'après les indications de mon correspondant, est un granite monzonitique dont l'analyse est donnée plus loin (**504**). Il renferme une amphibole d'un gris bleuâtre clair ; il est à grain fin. Par places, il est traversé par des filons pegmatiques ou aplitiques. Le feldspath est un microcline vermiculé ; le calcul de la composition virtuelle de la roche montre qu'elle renferme un plagioclase à 20 pour 100 d'anorthite ; c'est donc un oligoclase qui constitue les vermiculisations du feldspath potassique, puisqu'on ne voit pas de plagioclase individualisé. Une partie au moins des roches à grain fin doivent leur apparence à des déformations dynamiques (structure cataclastique très développée).

Syénites. — Il me faut signaler maintenant une syénite potassique rosée, à cassure très cristalline et irrégulière rappelant celle de la nordmarkite de Kristiana. Le feldspath est de l'orthose, parcourue par des veinules grêles et sinueuses d'albite ; une amphibole, d'un vert bleuâtre, est à rapporter au groupe de la

torendrikite, mais elle diffère du type par une moindre dispersion et une coloration plus claire. La composition donnée plus loin (*analyse* **505**) fait voir qu'il s'agit là d'une syénite tout à fait analogue à celles de la région d'Ambatofinandrahana, seul le feldspath en diffère (orthose et non microcline); il semble bien que cette roche forme des filons dans le granite et l'on retrouve par conséquent ici la même association lithologique que dans l'Ouest du massif cristallin.

Il y aurait un très grand intérêt à étudier d'une façon approfondie ce massif de l'Andringitra : ses sommets en effet sont dénudés, ainsi que le montrent les photographies de la planche 8 qui représentent le facies de désagrégation en *monolites cannelés* dont il a été question à la page 22 du Tome I. De plus, par suite de sa haute altitude, le sommet de l'Andringitra n'a pas subi de phénomènes de latéritisation, les roches superficielles sont à vif et seulement désagrégées[1] ; peut-être trouverait-on parmi les pegmatites qui traversent ce granite l'occasion de compléter les observations que la latéritisation n'a pas permis de rendre complètes dans la vallée de l'Imorona?

Syénite monzonitique quartzifère. — Parmi les roches de l'Itsindra que j'ai examinées récemment, se trouve une roche à grands éléments, à facies syénitique, provenant d'Anjazotomany qui est essentiellement constituée par une microperthite filiforme de microcline et d'un oligoclase non maclé qui, d'après l'analyse **506**, renferme environ 18 pour 100 d'anorthite ; il n'existe qu'une petite quantité de hornblende brune.

Je donne ci-dessous les analyses (M. Raoult) des trois roches qui viennent d'être décrites. **504**. — *Granite monzonitique* de l'Andringitra (I)II.'4.1(2).3 ; **505**. — *Syénite à pyroxène et amphibole*. Andringitra, II(III).5.1.2 ; **506**. — *Syénite monzonitique*. Anjazotomany. I'.'5.'2.3.

Il est intéressant de comparer entre elles, au point de vue chimique, les roches **505** et **506** qui contiennent la même quantité d'alcalis, mais une proportion inégale de chaux ; grâce à la moindre teneur en alumine de **505**, il existe dans cette roche un excès de soude sur la quantité feldspathisable, ce qui a entraîné la production de pyroxène et d'amphibole sodiques et l'absence de l'anorthite, malgré la teneur relativement élevée en chaux, tandis que dans la roche **506**, moins calcique, grâce à la richesse en alumine, la presque totalité de la chaux est feldspathisée.

1. Le fond des cuvettes, comme celle représentée par la figure 4 de la planche 8, est couvert par du sable syénitique.

	504	505	506
SiO^2	67,76	60,06	61,62
Al^2O^3	11,53	11,17	18,34
Fe^2O^3	2,44	7,29	3,04
FeO	1,74	1,96	2,07
MgO	2,77	2,58	0,35
CaO	2,24	4,02	1,92
Na^2O	2,66	4,18	4,61
K^2O	4,73	7,39	6,18
TiO^2	0,79	0,81	0,81
P^2O^5	0,23	0,17	0,23
H^2O +	2,08	0,43	0,53
—	1,32	0,26	0,31
	100,29	100,32	100,01

III. — WEBSTÉRITE.

Le massif de l'Andriantantely dont il est question dans le paragraphe suivant renferme, à l'Est de Fanasana, en même temps que des gabbros, une intéressante *webstérite*, à grain moyen, d'un brun verdâtre, essentiellement formée d'hypersthène et de diopside, avec fort peu de labrador ; cette roche est à comparer à celle qui constitue des filons dans la région de Betafo (Cf. tome II, page 433).

IV. — DÉFORMATIONS DES GABBROS CONDUISANT A DES SCHISTES CRISTALLINS.

La montagne rocailleuse et boisée de l'Andriantantely, à l'Ouest-Nord-Ouest d'Anivorano, est constituée par des gabbros remarquables par leurs déformations structurales et par leurs passages ménagés à des amphibolites feldspathiques.

Parmi les roches que je dois à M. Perrier de la Bathie se remarquent deux types observables à l'Ouest et au Sud du Massif[1] et au piton principal, où ils constituent des parois verticales dont la fraîcheur permet de distinguer une texture rubanée. L'un de ces types, très feldspathique, grisâtre, est composé par du labrador et de l'augite. Il a été extraordinairement laminé ; il en résulte un rubanement déjà apparent à l'œil nu. Au microscope, on voit que les plages non écrasées de labrador ont été tordues d'une étrange manière, parfois en forme d' S ; la roche est parcourue par des traînées cataclastiques dont les grains sont extrêmement

1. Le Nord et l'Est du massif sont formés par une roche à grain fin, une labradorite augitique (forme de bordure du gabbro ou coulée).

irréguliers; le pyroxène a été déformé de la même façon, sans souvent présenter les moindres traces d'ouralitisation. Ailleurs ses fragments sont transformés partiellement en amphibole néogène qui entoure les grains de feldspath (Cf. les déformations de la norite de la Vololovo, p. 449 du tome II).

Un autre type est également rubané, et d'un vert noir par suite d'une plus grande richesse en minéraux colorés. Dans quelques lits, il présente des fragments de cristaux blancs de feldspaths. Au microscope, on constate qu'à l'exception de ces débris feldspathiques et de gros cristaux de pyroxènes écrasés sur place, mais avec conservation approximative de leurs contours, l'ensemble de la roche est formé par une association granoblastique de labrador et de hornblende verte dont le grain est très variable d'un point à un autre.

Il eût été fort intéressant d'analyser ces diverses roches, malheureusement les échantillons des stades différents du phénomène que j'ai examinés correspondent à des types de composition originelle (teneur en feldspath) trop inégaux pour que la comparaison de la composition de la roche seulement écrasée et du type recristallisé puisse avoir une valeur démonstrative pour l'éclaircissement de la question discutée page 450 du tome II.

B. — *ROCHES ÉRUPTIVES POST-LIASIQUES*

I. — CONTACT DES SYÉNITES NÉPHÉLINIQUES.

Dans le chapitre consacré aux contacts des syénites néphéliniques (tome II, p. 659), j'ai omis de parler d'une très curieuse brèche de contact que j'ai rencontrée dans le torrent d'Antsohanina (massif du Bezavona) et dont j'ai donné des photographies dans mon mémoire de 1903 [132].

Cette brèche est formée par des fragments anguleux de calcaire cristallin, de cornéennes pyroxéniques d'un vert foncé à cassure luisante, de syénite néphélinique, de débris ou de traînées disloquées de celle-ci et enfin de microsyénite à tendance plus ou moins microlitique. Les fragments éruptifs, intacts ou écrasés, sont injectés dans ou entre les fragments métamorphiques; la structure en ciment est fréquente; les débris éruptifs présentent de très grandes variations de structure.

L'interprétation de cette brèche serait assez difficile sans les particularités suivantes: 1° quelques fragments sédimentaires possèdent une structure zonée, en rapport avec leur forme extérieure, cela démontre qu'ils ont été métamorphisés sur place; 2° toutes les parties de la brèche, quelle que soit leur nature, renfer-

ment des grains ou des traînées du pyroxène vert qui caractérise les cornéennes ; 3° ce même pyroxène, associé à de la calcite et de la wollastonite, constitue aussi des sortes de boutonnières au milieu de la brèche. Enfin, 4° la brèche est traversée par des filons minces de syénite néphélinique.

De tous ces faits il faut donc conclure que le calcaire marneux avait déjà subi un commencement de métamorphisme sous l'influence de la montée du magma syénitique quand la mise en place définitive de celui-ci a déterminé des phénomènes mécaniques suffisants pour fragmenter le sédiment en voie de métamorphisme ; en même temps, le magma en partie solidifié était injecté au milieu de ces débris fragmentaires et s'y fracturait à son tour pendant que les phénomènes métamorphiques se poursuivaient. L'injection tranquille du magma dans les fentes de la brèche ayant donné naissance aux filonnets syénitiques a été le dernier acte du phénomène. La structure intacte et la disposition souvent symétrique de ces filonnets contrastent avec l'intensité des phénomènes d'écrasement subis par tous les éléments syénitiques de la brèche.

Cette intrusion violente du magma syénitique ne s'est pas produite sans gêner sa cristallisation, ce qui explique les types si variés de structure observés dans les fragments d'origine éruptive contenus sous cette brèche.

II. — DORÉITE[1].

Je donne ce nom à des laves du Mont-Dore, à facies andésitique, très polymorphes qui, au point de vue chimique, sont caractérisées par la presque égalité pondérale de la potasse et de la soude, mais avec, en général, légère prédominance de cette dernière. La formule magmatique est : II.5.2.(3)4. Les doréites sont moins potassiques que les latites ; elles le sont trop pour être rattachées aux mugéarites ; elles établissent un passage entre les *latites*, les *shoshonites*, les *mugéarites* et les *andésites*.

J'ai rencontré des roches qui doivent être comparées aux doréites entre Anadabo et Antonbomay, à l'Ouest d'Ampanompia et par suite au Nord du Mont Ambondro. Ce sont des roches noires, ne montrant à l'œil nu que quelques phénocristaux d'andésine, souvent groupés en petits paquets ; l'examen microscopique permet d'y ajouter quelques phénocristaux d'augite et de magnétite titanifère. Les microlites sont formés par de l'oligoclase cerclé d'orthose et accompagné d'augite et de magnétite. Ces roches sont donc comparables au type auvergnat, à facies andésitique, dans lequel le feldspath potassique est peu apparent ; je donne ci-contre l'analyse (**507**) de cette roche avec quelques termes de comparaison.

1. Cf. page 32.

Doréites : 507) Entre Anadabo et Antonbomay, II.5.2.(3)4 : A) Les Edembouches (Mont Dore), II.5.2.(3)4 ; B) Plateau de l'Angle (Mont-Dore), II'.5.2.'4 ; C) Chastres (Mont-Dore), 'II.5.2'.(3)4 ; D) Roc de Cuzet (Haute-Loire), (I)II.(4)5.2'.(3)4. (1, B et D. M. Raoult, A et C. Pisani).

	507	A	B	C	D
SiO^2	55,80	54,41	53,26	55,00	58,04
Al^2O^3	17,43	16,50	15,73	19,31	16,92
Fe^2O^3	2,50	4,63	4,98	3,38	3,55
FeO	4,98	2,70	2,33	3,20	2,26
MgO	1,72	2,20	3,87	1,53	1,52
CaO	5,50	7,53	8,66	5,60	4,78
Na^2O	4,64	4,58	4,45	5,02	4,45
K^2O	4,08	3,74	3,35	4,05	3,67
TiO^2	1,37	2,60	3,10	2,00	1,05
P^2O^5	0,53	0,30	0,16	0,29	0,43
H^2O +	1,34	1,25	0,31	0,85	2,62
—	0,21		0,11		1,13
	100,18	100,44	100,30	100,25	100,42
An °/o	27	27	26	31	29

C. — *SCHISTES CRISTALLINS.*

GNEISS SYÉNITIQUES (MONZONITIQUES)

Pendant l'impression du volume précédent, j'ai fait analyser deux des roches que j'y ai décrites sous le nom de gneiss syénitique.

Le *gneiss* de Tsaratanana (tome II, page 484) a la composition chimique d'une monzonite, avec 3,6 pour 100 de silice et 1 pour 100 d'alumine libres ; son origine éruptive n'est pas douteuse. On a vu que son feldspath est une microperthite fusiforme ; l'analyse **508** montre que le plagioclase non maclé de celle-ci est un oligoclase à 19 pour 100 d'anorthite.

Le *gneiss syénitique à spinelle* de Tranomaro (Androy) (page 492 du tome II) ne présente pas, comme le précédent, une petite quantité de silice libre ; il possède, au contraire, une quantité notable de silice déficitaire, impliquant de la néphéline virtuelle. Sa composition chimique est celle d'une *monzonite néphélinique*. Sa teneur élevée en alumine non combinée (4,91 pour 100) pourrait conduire à discuter son attribution à une roche métamorphique d'origine plutôt sédimentaire si, dans certaines des monzonites néphéliniques connues, on ne trouvait des quantités comparables d'alumine libre. Les analyses données ci-contre permettent la comparaison.

508) *Gneiss syénitique micacé*. Tsaratanana, I'.5.2.3' : **509**) *Gneiss syénitique à spinelle*. Tranomaro, 'II.(5)6.2.3' ; *Monzonites néphéliniques*. *a*) Cnoc-na-Sroine, Assynt (Écosse). I.'6.2.3 (Gemmell. *Trans. Eding. geol. Soc.*, t. IX, 1910, p. 418), alumine libre = 3,88 ; *b*) Karakut, Vizagupatam, Madras (Indes), I.6.(1)2.3(4) (Walker. *Rec. geol. Soc. India*, t. XXXVI, 1908, p. 21) ; alumine libre = 4,08.

	508	509	*a*	*b*
SiO^2	58,56	49,82	53,13	52,60
Al^2O^3	18,84	22,08	24,87	26,60
Fe^2O^3	3,67	6,67	2,25	0,91
FeO	1,96	3,49	1,40	2,21
MgO	0,52	3,69	tr.	0,51
CaO	2,32	1,72	2,68	1,89
Na^2O	4,93	5,21	5,56	7,06
K^2O	5,46	4,97	7,26	6,94
TiO^2	0,99	1,09	0,60	»
P^2O^5	0,34	tr.	»	»
H^2O +	1,48	1,15	1,05	0,61 (H²O + et −)
−	1,01	0,31	0,36	
CO^2	»	»	»	0,55
	100,08	100,20	99,16	99,88

KINZIGITE

J'ai comparé (tome II, page 488) à la kinzigite de la Forêt-Noire des accidents très grenatifères des paragneiss de l'Imaloto. J'ai fait faire l'*analyse* **509** (M. Raoult) d'une de ces roches, afin de la comparer à la kinzigite originelle de Schenkenzell (*analyse a, in* Rosenbusch. *Gesteinlehre*, p. 499). La principale différence réside dans une teneur moindre en potasse et en magnésie de la roche malgache ; cette différence entraîne comme conséquence une plus petite proportion de biotite.

	509	*a*
SiO^2	61,72	58,53
Al^2O^3	15,37	16,70
Fe^2O^3	6,08	2,06
FeO	4,15	6,26
MgO	2,66	4,46
CaO	2,68	2,34
Na^2O	3,47	2,92
K^2O	1,92	3,22
TiO^2	1,02	1,21
P^2O^5	0,24	»
H^2O +	0,39	2,61 (H²O + et −)
−	0,15	
	99,85	100,78

QUARTZITES

Conglomérats dans les quartzites. — Le versant occidental du mont Bity renferme des bancs de quartzites remarquables par la présence de galets de quartzites gris aplatis, très roulés, à surface lisse. Leur structure est à très gros grain qui contraste avec celui du reste de la roche qui est plutôt fin. Leur cassure est celle des quartzites vitreux.

L'examen microscopique montre que ces galets ont subi les mêmes phénomènes de métamorphisme que le quartzite à grain fin qui les renferme; ils contiennent de petites paillettes de muscovite, mais celles-ci sont infiniment moins nombreuses et, en outre, elles ne sont point, comme dans la roche englobante, associées à une grande quantité de grains ou d'octaèdres de magnétite.

Quartzites à disthène et lazulite. — M. Dubosc a bien voulu me fournir des échantillons nouveaux et des précisions sur le gisement des quartzites à disthène décrits à la page 528 du tome II. Ce gisement se trouve sur les pentes méridionales des collines de Farafata, prolongement des monts Makira et Antomgobato qui bordent la rive gauche du Fanambana, en aval de son confluent avec l'Antsahandreva.

Au milieu du quartzite blanc contenant du disthène incolore qui ne se perçoit qu'au microscope, se rencontrent des lits ou des nodules bleus, formés essentiellement de lazulite à macles polysynthétiques répétées et très nombreuses qui moule, suivant les lits, soit du disthène incolore, soit de la sillimanite. Dans ce dernier cas, la lazulite est intimement mélangée à un spinelle (hercynite) d'un vert extrêmement foncé, même en lames minces; il faut citer en outre un peu de muscovite et de sphène.

APPENDICE AU TOME III

LATÉRITES

Le vanadium existe à l'état de traces dans un très grand nombre de roches, surtout des roches basiques, mais comme, en général, sa teneur n'excède guère 0,05 pour 100, je n'ai pas jugé à propos de le faire doser dans les analyses de roches données dans ce livre. Cependant il m'a paru intéressant de chercher s'il ne se concentre pas dans les produits de décomposition, c'est-à-dire dans les *latérites* et nous avons entrepris sur cette question, mon confrère et ami, A. de Gramont et moi, des recherches qui ne sont encore qu'à leurs début. Elles nous ont cependant déjà fourni quelques renseignements précis. Le vanadium a été recherché par le procédé spectrographique établi récemment par M. A. de Gramont[1].

Tout d'abord, des résultats négatifs ont été obtenus sur les latérites gibbsitiques ; il semble que le vanadium ne se concentre que dans les latérites ferrugineuses, où il accompagne notamment le titane.

Si l'on excepte la stilpnosidérite des marais de la région de Maintirano qui a fourni un résultat négatif, le vanadium et le titane ont été trouvés dans toutes les latérites ferrugineuses étudiées[2]. Celles qui en ont fourni la plus grande quantité sont les latérites analysées plus haut des basaltes du plateau d'Antanimena (lac Maliolo) et des environs de Farafangana, puis celles de la diallagite du mont Ankitsika. Ceci est conforme aux remarques faites par W. F. Hillebrand qui a montré[3] que, dans les roches, le vanadium se rencontre particulièrement dans les pyroxènes et dans les amphiboles.

Le vanadium a été aussi trouvé dans les latérites ferrugineuses des formations sédimentaires (Namoroka, Marovoay), dans les latérites d'alluvions (route du Sud, kilomètre 72), dans la limonite à plantes de Moramanga, etc.

Nous poursuivons ces recherches, afin d'établir dans quelle mesure le vanadium peut être dosé dans ces latérites.

1. *C. rendus*, t. CLXXV, 1922, p. 1133.
2. Les deux corps ont été aussi constatés dans les cendres de l'*asphalte* de Bemolanga.
3. *Bull. U. S. Geol. Surv.*, n° 167, 1900, p. 49.

LES CENTRES VOLCANIQUES POST-LIASIQUES

Relations entre la province d'Ampasindava et les massifs du Tsaratanana et de l'Ankaizina.

M. Perrier de la Bathie vient de m'envoyer les échantillons qu'il a recueillis dans le Haut Sambirano et l'Ankaizina.

Entre l'Antsahabe et le Marovato, affluent de droite du haut Sambirano, une arête se détachant du Mont Tsaratanana, est constituée par des schistes cristallins (gneiss, calcaires cristallins, grenatite), plongeant de 45° vers l'Est. Ils sont traversés par de nombreux dykes de roches microlitiques généralement altérées; ce sont surtout des trachytes, mais il y existe aussi une *sölvsbergite à aegyrine*, semblable à celle de la province d'Ampasindava et apparentée à la microsyénite quartzifère à aegyrine de Maroamalona dont il est question page 197.

Dans la basse vallée du Sambirano, à 1 km. au Sud de Mangabe, près d'Ambanja, les grès liasiques renferment un dyke d'*ankaramite* porphyrique, semblable à celle du gisement originel, du Nord d'Ankaramy.

Ces observations sont intéressantes en ce qu'elles montrent la continuité géographique des roches alcalines de l'Ouest jusque dans le substratum du Massif du Tsaratanana. Les laves qui le couronnent peuvent être géologiquement comparées à celles dont il n'existe plus que des lambeaux dans la province d'Ampasindava[1].

Les laves de la presqu'île de Radama.

En même temps que les roches dont il vient d'être question, j'ai reçu de M. Decary quelques laves de la presqu'île de Radama. Leur étude apporte une

1. M. Decary m'a envoyé récemment quelques roches provenant de celle-ci et que je n'avais pas encore observées. Une *phonolite* du Mont Ambitsiky (Nord de Maromandia) est comparable à certains types du Mont Ankitsika qui n'en est pas éloigné. Elle renferme de pseudo-phénocristaux d'augite aegyrinique, à contours vagues, qui englobent un nombre considérable des microlites de néphéline. Une *sölvsbergite*, identique à celle dont il est question plus haut, forme près de Bejofo le sommet d'un piton de 525 mètres d'altitude constitué par des grès grossiers horizontaux liasiques ou triasiques.

première approximation sur la composition des grands champs de lave de cette région; à Befotaka, ils recouvrent l'Eocène. La composition de ces roches est assez monotone; elles sont constituées par un basalte pauvre en olivine ou ne contenant pas ce minéral. L'analyse **505** est celle d'un échantillon provenant de Marozavavy (III.'5.3.4'). Un échantillon recueilli dans un filon à Ankibanovato a une composition différente; dépourvu d'éléments blancs, il est essentiellement formé par des phénocristaux et des microlites d'augite titanifère violacée, réunis par un verre incolore contenant des microlites et des cristallites d'un minéral brun, très polychroïque (rhönite?). L'analyse **506** conduit aux paramètres III(IV).(7)8.3.4 : cette roche est une *étindite limburgitique*.

Ces analyses doivent être comparées respectivement à l'analyse **470** d'un *basalte* des environs d'Analalava et à l'analyse **404** de l'*étindite* d'Antonibe; elles apportent un argument en faveur de l'identité vraisemblable de composition lithologique des épanchements de la côte occidentale depuis la pointe de Radama jusqu'à la Sofia. On trouve dans cette région, ainsi que dans tant d'autres à Madagascar, comme terme extrême de différenciation d'une série labradorite-basalte, renfermant parfois un peu de silice virtuelle en excès, une lave mélanocrate contenant assez peu de silice et cependant suffisamment de soude pour que soit possible l'existence de néphéline, au moins à l'état virtuel. Les échantillons de ce dernier type lithologique qui ont été analysés sont malheureusement assez altérés; il serait intéressant de rechercher la roche intacte pour pouvoir préciser davantage sa composition.

	505	506
SiO^2	50,44	41,32
Al^2O^3	11,77	12,14
Fe^2O^3	4,65	5,53
FeO	8,22	5,97
MgO	5,94	9,19
CaO	11,04	13,32
Na^2O	2,71	3,23
K^2O	0,88	1,75
TiO^2	3,48	2,89
P^2O^5	0,23	0,35
H^2O +	0,28	3,32
—	0,66	1,25
	100,30	100,26

BIBLIOGRAPHIE

Je me suis astreint à lire tout ce qui a été publié sur la *Minéralogie* et la *Géologie* de Madagascar. J'ai sélectionné dans la liste suivante les seuls Ouvrages, Mémoires ou Notes renfermant au moins quelques notions précises nouvelles *sur les questions traitées dans ce livre.*

On trouvera dans la *Bibliographie de Madagascar* de M. Guillaume Grandidier, Paris, 1905-1906 (2 vol. in-8) la liste alphabétique complète (arrêtée à cette date) de toutes les publications consacrées à Madagascar ou dans lesquelles cette île est citée[1].

ABRÉVIATIONS

A. A. — Antananarivo Annual. Tananarive (1875-1900).
A. G. — Archives des Sciences physiques et naturelles de Genève.
A. M. — Annales des Mines. Paris.
B. A. M. — Bulletin de l'Académie malgache. Tananarive (depuis 1902).
B. I. M. — Bulletin de l'Industrie Minérale. Saint-Étienne.
B. E. — Bulletin économique de la colonie de Madagascar. Tananarive (depuis 1901).
B. M. — Bulletin du Muséum national d'histoire naturelle. Paris.
B. S. G. — Bulletin de la Société géologique de France. Paris.
B. S. M. — Bulletin de la Société française de Minéralogie. Paris.
C. R. — Comptes rendus de l'Académie des Sciences. Paris.
N. R. E. — Notes, Reconnaissances et Explorations. Tananarive (1897-1900).
R. C. — Revue coloniale. Paris.

A. — MINÉRALOGIE.

1. — Boulanger (Ch.) et Urbain (G.). Sur la composition et les caractères chimiques de la thortvéitite de Madagascar. *C. R.* CLXXIV, 1922 (1442-1443).

1 *bis*. Cespedès (A. de). — Note sur un nouveau titanoniobate uranifère de Madagascar. *B. A. M.*, X, 1912 (279).

2. — Note sur l'existence du molybdène à Madagascar. *Ibid.* (281).

3. Cohen. — Meteoreisen Studien, VII, 6. Sanct Augustines Bay, Madagaskar. *Ann. K. K. natur. hist. Hofmuseum*, XIII, 1898 (54-58).

1. L'orthographe des noms de lieux est reproduite telle qu'elle existe dans les titres ; ce n'est pas toujours celle adoptée dans cet ouvrage.

4. Dabren (A.). — Sur quelques pierres précieuses de Madagascar [rubellite et triphane]. *B. A. M.*, IV, 1905 (111-115).
5. — Les pierres précieuses à Madagascar. *B. E.*, 1906 (327-339) et *Bull. Assoc. Élèves École des Mines*. Paris, 1907 (41-65).
6. Damour (A.). — Note sur un béryl rose provenant de Madagascar. *B. S. M.*, IX, 1886 (153-154).
7. Drugman (J.) et Goldschmidt (V.). — Ein Hambergit Zwilling von Madagaskar. *Zeitsch. f. Kryst.*, L, 1912 (596-597).
8. Duparc (L.), Sabot (R.) et Wunder (M.). — Sur quelques minéraux des pegmatites. *A. G.*, XXIX, 1910 (62-71).
9. Duparc (L.), Wunder (M.) et Sabot (R.). — La région des pegmatites d'Antsirabe à Madagascar. *Ibid.*, XXX, 1910 (96-100).
10. — Les minéraux des pegmatites des environs d'Antsirabe à Madagascar. *Mém. Soc. phys. et nat. de Genève*, XXXVI, n° 3, 1910 (283-410, fig.).
11. — Contribution à la connaissance des minéraux de Madagascar. *B. S. M.*, XXXIII, 1910 (53-67) [Note sur le béryl de divers gisements des environs d'Antsirabe].
12. — *Ibid.* (2e note) [béryl, rhodizite]. *Ibid.*, XXXIV, 1911 (131-139).
13. — Note complémentaire sur le béryl de Madagascar. *Ibid.* (239-242).
14. — Sur quelques minéraux radioactifs des pegmatites de Madagascar [Ambatofotsikely]. *A. G.*, XXXV, 1913 (77-80).
15. — Contribution à l'étude des minéraux des pegmatites de Madagascar [Ambatofotsikely]. *B. S. M.*, XXXVI, 1913 (5-17).
15 *bis*. — *Ibid.*, XXXVII, 1914 (19-30).
16. Ford. — The effect of the presence of alkalies in Beryl upon its optical properties. *Amer. J. Sc.*, XXX, 1910 (128-130).
17. Goldschmidt (V.) et Müller (F.-C.). — Hambergite am Madagascar. *Zeitsch. Kryst.*, XLVIII, 1910 (473-483).
18. Gonnard (F.). — Étude cristallographique de quelques cristaux du quartz de Madagascar. *B. S. M.*, XXXVIII, 1915 (78-105).
19. Grossmann (C.). — Note sur les minerais d'urane de Fiadanana. *C. R.*, CLIX, 1914 (777).
20. Guibourt. — Sable granatique de Madagascar. *Journ. de Pharmacie*, Paris, 1867 (405-406).
21. Jannettaz (Ed.). — Note sur l'uranite de Madagascar. *B. S. M.*, X, 1887 (47-50).
22. — Note sur le talc de Madagascar. *Ibid.*, XIV, 1891 (66-67).
23. — Note sur quelques autres matières minérales de Madagascar [saphir, zircon et rubellite]. *Ibid.* (66).
24. Koechlin (R.). — Bastnäsite von Madagascar. *Centralblatt für Miner. u. Petr.*, 1912 (353-354).
25. Kōzu (S.). — The dispersion phenomena of some monoclinic Felspars. *Min. Magaz. London*, XVII, 1916 (5. Orthoclase from Madagascar, 264-270).
26. Lacroix (A. — Minéralogie de la France et de ses Colonies. Paris (Béranger), I-V, 1893-1913.
27. — Épidote de Madagascar. *B. S. M.*, XVII, 1894 (119-120).
28. — Matériaux pour la Minéralogie de Madagascar [I. Zéolites et minéraux cuprifères de Bekiady. II. Quartz du Mont Anjiakely. III. Diopside blanc de la Kiranomena]. *B. M.*, IV, 1898 (291-293).
29. — *Ibid.* [IV. Brochantite d'Ambatofangehana. V. Tourmaline et klaprothite de Betafo.] *Ibid.*, V, 1899 (318-320).
30. — Minéralogie de Madagascar, in *Madagascar au début du XXe siècle*. Paris, 1902 (65-107).

31. Lacroix (A.). — Sur les minéraux du gîte métallifère d'Ambatofangehana. *B. S. M.*, XXIII, 1900 (248-251).
32. — Sur la kaolinite cristallisée de Nosy bé. *Ibid.*, XXIV, 1901 (34-35).
33. — Note préliminaire sur une nouvelle espèce minérale [grandidiérite]. *Ibid.*, XXV, 1902 (85-86).
34. — Sur la klaprothite à Madagascar. *Ibid.* (115-116).
35. — Sur une nouvelle espèce minérale [grandidiérite]. *C. R.*, CXXXVII, 1902 (582-584).
36. — Sur la grandidiérite. *B. S. M.*, XXVII, 1904 (259-265).
37. — Sur une nouvelle espèce minérale [bityite] et sur les minéraux qu'elle accompagne dans les gisements tourmalinifères de Madagascar. *C. R.*, CXLVI, 1908 (1367-1371).
38. — Les minéraux des filons de pegmatites à tourmaline lithique de Madagascar. *B. S. M.*, XXXI, 1908 (218-247).
39. — Sur quelques minéraux radioactifs de Madagascar. *Ibid.* (312-314).
40. — Sur la danburite de Madagascar. *Ibid.* (314-318).
41. — Sur l'existence de sables monazités à Madagascar. *Ibid.*, XXXII, 1909 (313-317).
42. — Sur quelques gisements de corindon à Madagascar. *Ibid.* (318-320).
43. — Sur la hambergite de Madagascar. *Ibid.* (320-324).
44. — Sur l'existence de la rhodizite dans les pegmatites de Madagascar. *C. R.*, CXLIX, 1909 (896-899).
45. — Nouvelles observations sur les minéraux des pegmatites de Madagascar. *B. S. M.*, XXXIII, 1910 (37-53).
46. — Sur deux niobo-tantalates [euxénite, blomstrandite] de Madagascar. *Ibid.* (321-323).
47. — Sur quelques minéraux de Madagascar [bismuthite, lazulite, hatchettolite, monazite, blomstrandite, samarskite, autunite, mésotype, giobertite]. *Ibid.*, XXXIV, 1911 (63-71).
48. — Les minéraux radioactifs de Madagascar. *C. R.*, CLII, 1911 (559-564).
49. — Sur le gisement du corindon de Madagascar. *Ibid.*, CLIV, 1912 (797-800).
50. — Les niobo-titano-tantalates d'urane (radioactifs) des pegmatites de Madagascar ; leur association à des minéraux bismuthifères. *Ibid.* (1040-1046).
51. — Sur quelques minéraux des pegmatites du Vakinankaratra [rhodizite, danburite, hambergite, apatite, triphane, fluorine, monazite, palygorskite, calcédoine]. *B. S. M.*, XXXV, 1912 (76-84). *B. E.*, XII, 1912 (101-105).
52. — Sur un groupe de niobo-tantalates cubiques (radioactifs) des pegmatites de Vakinankaratra. *Ibid.* (84-92), *B. E.: Ibid.* (107-111).
53. — Sur l'existence de minéraux bismuthifères dans les pegmatites de Madagascar. *Ibid.* (92-95), *B. E. Ibid.* (113-114).
54. — Les gisements de lazulite du Vakinankaratra. *Ibid.* (95-97), *B. E. Ibid.* (115-116).
55. — Les gisements de cordiérite et d'amphiboles rhombiques de Madagascar. *Ibid.* (97-100).
56. — Sur l'existence de la bastnaésite dans les pegmatites de Madagascar. Les propriétés de ce minéral. *Ibid.* (108-113).
57. — La tourmaline noire des environs de Betroka (Madagascar). *Ibid.* (123-129).
58. — Sur les minéraux de la pegmatite d'Ampangabe et de ses environs et en particulier sur un minéral nouveau [ampangabéite]. *Ibid.* (180-199).
59. — Sur la continuité de la variation des propriétés physiques des béryls de Madagascar en relation avec leur composition chimique. *Ibid.* (200-208).
60. — Sur la silicification des végétaux par les sources thermales (Mont-Dore, Madagascar). *Ibid.* (208-211).
61. — Sur une nouvelle espèce minérale [manandonite] des pegmatites de Madagascar. *Ibid.* (223-226).

62. Lacroix (A.). — Les pegmatites gemmifères de Madagascar. *C. R.*, CLV, 1912 (441-447).
63. — L'origine du quartz transparent de Madagascar. *Ibid.* (491-496).
64. — Note préliminaire sur quelques minéraux de Madagascar [orthose, diopside, kornerupine, saphirine, tscheffkinite, orthite] dont plusieurs peuvent être utilisés comme gemmes. *Ibid.* (672-677).
65. — Un voyage au pays des béryls (Madagascar). *Lecture faite à la séance des cinq Académies, le 25 octobre 1912.* Paris, 17 p., et *Revue scientifique*, 1912, 2e semestre (609-614).
66. — *Ibid.* (augmenté de notes). *La Géographie.* Paris, 1912 (285-296), traduit sous le titre : A trip to Madagascar, the country of Beryls. *Ann. Report Smithsonian Institution, Washington*, 1912 (371-382).
67. — Note complémentaire sur les minéraux des pegmatites d'Ampangabé [topaze, strüvérite]. *B. S. M.*, XXXV, 1912 (228-229).
68. — Note complémentaire sur les minéraux d'Ambatofotsikely (monazite, orthite). *Ibid.* (231-233).
69. — Quelques nouvelles observations sur des minéraux uranifères de la province de l'Itasy [betafite, euxénite]. *Ibid.* (233-236).
70. — Sur quelques déformations des cristaux de betafite et de béryl. *Ibid.*, XXXVII, 1914 (101-107).
71. — Les grenats des groupes almandin-spessartite-pyrope à Madagascar. *Ibid.* (108-112).
72. — Sur l'existence de la thorianite à Madagascar. *Ibid.* (176-180).
73. — Note sur l'opale et sur un nouveau minéral [faratsihite] de Faratsiho (Madagascar). *Ibid.* (231-236).
74. — Sur sphène malgache et sur ses pseudomorphoses. *Ibid.* XXXVIII, 1915 (21-24).
75. — La bastnaésite et la tscheffkinite de Madagascar ; le mode de gisement des fluocarbonates dans les granites alcalins ; pseudomorphoses d'origine pneumatolytique. *Ibid.* (106-125).
76. — Sur une macle secondaire suivant *p* dans la monazite de Madagascar. *Ibid.* (126-129).
77. — Sur de nouveaux gisements de fergusonite de Madagascar. *Ibid.* (130-132).
78. — Les zéolites de la côte sud-est de Madagascar. *Ibid.* (132-134).
79. — Sur l'existence de xénotime à Madagascar. *Ibid.* (137-138).
80. — Manandonite et cookéite. *Ibid.* (142-146).
81. — Sur une macle de l'euxénite de Madagascar. *Ibid.* (147-149).
82. — Sur le malacon des pegmatites de Madagascar. *Ibid.* (200-204).
83. — Sur un nouveau minéral [ambatoarinite] de Madagascar. *Ibid.* (265-271).
84. — Sur une eucolite cérifère provenant d'une roche granitique nouvelle à ægyrine de Madagascar. *Ibid.* (278-285).
85. — Sur le minéral colorant le plasma de Madagascar et sur la céladonite. *Ibid.*, XXXIX, 1916 (90-95).
86. — Le platine de Madagascar. *Ibid.*, XLI, 1918 (98-99).
87. — Le gisement phosphaté de l'île Juan de Nova. *Ibid.* (100-103).
88. — Sur quelques minéraux de Madagascar [I. Cymophane ; II. Monazite ; III. Zircon ; IV. Uranothorite ; V. Molybdénite ; VI. Quartz avec inclusions ; VII. Cosalite? ; VIII. Topaze ; IX. Spinelle] (Ferropicotite). *Ibid.* (186-196).
89. — Sur une scapolite de Madagascar constituant une gemme. *C. R.*, CLXIX, 1919 (261-264).
90. — Sur un nouveau type de spinellide, la chromohercynite. *B. S. M.*, XLIII, 1920 (69-70).
91. — Sur l'existence à Madagascar d'un silicate de scandium et d'yttrium, la thortveitite. *C. R.*, CLXXI, 1921 (421-423).

92. — Sur les groupements réguliers de deux minéraux différents constituant certains fers titanés. *Ibid.* (481-485).

92 *bis*. Lacroix (A.) et Gramont (A. de). — Sur la présence du bore dans quelques silico-aluminates naturels. *Ibid.*, t. CLXVIII, 1919 (857-861).

92 *ter*. — Sur la recherche spectrale du bore et sur sa présence dans quelques silico-aluminates naturels. *B. S. M.*, XLIV, 1921 (69-77).

93. Lacroix (A.) et Rengade. — Sur les propriétés optiques des béryls roses de Madagascar. *Ibid.*, XXXIV, 1911 (123-125).

94. Lassaigne (S.-L.). — Analyse d'un sable titanifère de Madagascar. *A. M.*, VI, 1818 (454).

95. Mouneyres. — Les pierres précieuses à Madagascar. *B. A. M.*, IV. 1905 (109-110).

95 *bis*. Muguet. — Le plomb dans les minerais d'urane de Madagascar. *C. R.*, CLXXIV, 1922 (172-173).

96. Orcel. — Note sur la composition chimique de la phosphorite de l'île Juan de Nova. *B. S. M.*, XLI, 1918 (104-108).

96 *bis*. — Sur une roche à corindon et spinelle de Madagascar. *C. Rendus, Congrès Soc. savantes*, Marseille, 1922 [Paris] (95-99).

97. Penfield (S.-L.) et Sperry (E.-S.). — Mineralogical Notes. 5. Twin crystals of quartz with inclined axes. *American Journ. of Science*, XXXVI, 1888 (323-324).

98. Pignet et Ferraud. — Contribution à l'étude minéralogique de Madagascar [analyses chimiques sans indication de gisements]. *N. R. E.*, t. V, 1899 (87-96).

99-100. Rath (vom). — Einige über Quartz, Kupferkies und Albit. II. Ueber merkwürdige Quarze von Madagaskar. *Ann. phys. u. Chem.*, *Jubel-Band*, 1874 (539-549).

101. Sabot (R.-C.). — Étude cristallographique et optique d'un certain nombre de minéraux des pegmatites de Madagascar et des minéraux de l'Oural. *Thèse Université Genève*, n° 519, Genève, 1914 (1-94).

102. Sokolow (W.-J.). — Sur des figures particulières observées sur les faces de clivage de la hambergite. *Ann. Instit. mines Saint-Pétersbourg*, II, 1910 (394).

103. Termier (P.). — Sur de gros cristaux de tourmaline de l'Ankaratra (Madagascar). *B. S. M.*, XXXI, 1908 (138-142).

104. Waites (T.-P.). — Notes on rare Minerals in Madagascar. *J. of the Chem. Metall. and Mining Soc. of South Africa*, t. XVI, 1916 (187-189).

105. Ungemach (H.). — Matériaux pour la Minéralogie de la France [hambergite, tourmaline]. *Ibid.*, XXXV, 1912 (531-533).

106. — Contribution à la Minéralogie de Madagascar. *Ibid.*, XXXIX, 1916 (5-38).

106 *bis*. Urbain (Pierre) et Urbain (G.). — Extraction et purification du scandium de la thortvéitite de Madagascar. *C. R.*, CLXXIV, 1922 (1310-1313).

B. — LITHOLOGIE ET GÉOLOGIE.

1° FORMATIONS ET ROCHES ÉRUPTIVES ET MÉTAMORPHIQUES. GÉOLOGIE GÉNÉRALE.

107. Baron (Rev.). — Volcanoes in eastern Imerina. *A. A.*, VII, 1883 (56-61).

108. — Note on the geology of the interior of Madagascar. *Ibid.*, IX, 1885 (248-251). Traduit dans *B. E.*, XIV, 1914 (59-77).

109. — Notes on the Geology of Madagascar. *Quat. J. geol. Soc. London*, XLV, 1889 (305-331).

110. Baron (Rev.). — Geological of a journey in Madagascar. *Quat. J. geol. Soc. London*, LI, 1895 (57-71) et *A. A.*, 1895 (291 et 417).
111. — The crystalline schists and associated rocks of Madagascar. *Ibid.*, 1899 (356-371).
112. — Rock cavities in granite in Madagascar. *Geological Magaz. London*, II, 1904 (17-20).
113. Bauer (Max). — Beiträge zur Kenntniss des Laterits und besonders dessen von Madagascar. *N. Jahrb. f. Min. Fest-Bd.*, 1907 (37-90).
114. — Gesteinsproben der Witu Inseln, von Zanzibar, Archipel von den Comoren, Madagaskar, Ceylon, etc. *in* Voeltzkow. *Reise in Ostafrika in den Jahren 1903-1905*. Bd. I, Abth. II, 1911 (53-75).
115. Bourdariat et Johnston Lavis. — Note sur le remarquable volcan de Tritriva au centre de l'île de Madagascar. *Bull. Soc. belge Géol. Paléont. Hydr.*, XXII, 1908 (103-115).
116. Camboué (R. P.). — Envoi d'échantillons de pierres ponces venant du volcan de Krakatoa, trouvées sur la plage de Tamatave. *C. R. Soc. géogr. Paris*, 1884 (608).
116 *bis*. Carle (G,). — Note sur les coulées basaltiques de l'Antsifitra et du Iavoko et sur les vallées de comblement qu'elles ont provoquées. *A. M.* (nouvelle série), t. III, 1916-17 [1922] (223-224 + 7 pl.).
117. Carle-Weissen (Marcelle). — Note sur des ossements d'un *Archæolemur* et sur les caractères du volcan Iatsifotra dans lequel ils ont été trouvés. *B. M.*, 1913 (420-422).
118. Cortese (E.). — Una excursione al Madagascar del ingeniere Cortese. *Bol. del Comitato geol. ital.*, XVIII, 1887 (129-134).
119. — Osservazioni geognostiche sul Madagascar. *Ibid.* (181-191).
120. — Appunti geologici sull' isola di Madagascar. *Ibid.*, XIX, 1888 (103-128 + 1 carte).
121. Couyat [Barthoux] (J.). — Les roches rapportées de Madagascar par M. Geay. *B. M.*, 1906 (71-74).
122. Fouqué (F.). — Contribution à l'étude des feldspaths dans les roches volcaniques. Gautier. — Cf. n° 292. *B. S. M.*, XVII, 1894 [phonolite de Diego-Suarez (565-567)].
123. Giraud (J.). — Sur les roches éruptives du Sud de Madagascar. *C. R.*, CLIV, 1912 (1298-1300).
124. — Nouvelles observations sur les roches éruptives du Sud et de l'Ouest de Madagascar. *Ibid.*, CLVIII, 1914 (1585-1588). — Cf. 195.
125. Hatch (F. H.). — On the petrological characters of some rocks collected by the Rev. Baron. *Quat. J. geol. Soc. London*, XLV, 1889 (340-355).
126. Herland. — Essais sur la géologie de Nossibé. *A. M.*, VIII, 1856, 335-363 + carte géologique et *Revue Coloniale*, t. XC, 1856 (avril).
127. Lacroix (A.). — Sur les granites et syénites quartzifères à ægyrine, arfvedsonite et ænigmatite de Madagascar. *C. R.*, 1900 (1208-1211).
128. — Sur la composition minéralogique des teschénites de Madagascar. *Ibid.* (1271-1274).
129. — Sur la province pétrographique du Nord-Ouest de Madagascar. *Ibid.*, CXXXII, 1901 (439-441).
130. — Sur les granites à ægyrine et riebeckite de Madagascar et leurs phénomènes de contact. *Ibid.*, CXXXIII, 1901 (180-182).
131. — Matériaux pour la Minéralogie de Madagascar. Les roches alcalines caractérisant la province pétrographique d'Ampasindava. *Nouv. Arch. Mus. hist. nat. Paris*, IV, 1902 (1-215 + 8 pl.).
132. — *Ibid.* (2e mémoire). *Ibid.*, V, 1903 (171-254 + 8 pl.).
133. — Sur la Minéralogie du pays Mahafaly. *B. S. M.*, XXX, 1907 (36-41).
134. — Sur deux roches éruptives de Madagascar. *Ibid.*, XXX, 1908 (318-323).
135. — Les roches alcalines de Nosy Komba. *C. R.*, CLIII, 1911 (152-156).
136. — Les volcans du centre de Madagascar. Le massif de l'Itasy. *Ibid.*, CLIV, 1912 (313-318).

137. Lacroix (A.). — Le massif de l'Ankaratra. *Ibid.* (476-481).
138. — Sur l'existence de roches à néphéline dans les schistes cristallins de Madagascar. *Ibid.*, CLV, 1912 (1123-1127).
139. — Sur la constitution minéralogique et chimique des laves des volcans du centre de Madagascar. *Ibid.*, CLVI (175-180).
139 *bis.* — Les volcans de Madagascar et de la Réunion (*Discours de clôture du Congrès des Sociétés savantes à la Sorbonne*, en avril 1912. (Imprim. nation., in-8).
140. — Sur les roches rhyolitiques et dacitiques de Madagascar et en particulier sur celles de la région Sakalave. *Ibid.*, CLVII, 1913 (14-21).
141. — Les cipolins de Madagascar et les roches silicatées qui en dérivent. *Ibid.* (358-362).
142. — Les roches basiques non volcaniques de Madagascar. *Ibid.*, CLIX, 1914 (417-422).
143. — Sur un nouveau type pétrographique [manjakite]. *B. S. M.*, XXXVII, 1914 (68-75).
144. — Les produits d'altération des roches silicatées alumineuses et en particulier les latérites de Madagascar. *C. R.*, CLIX, 1914 (617-622).
145. — Sur l'anthosidérite du Brésil et sur les quartzites à magnétite de Madagascar qui renferment des pseudomorphoses de même nature. *B. S. M.*, XXXVIII, 1915 (9-15).
146. — Sur les remarquables phénomènes métamorphiques de contact des granites de Madagascar. *C. R.*, CLX, 1915 (724-729).
147. — Sur un nouveau type de roche granitique alcaline [fasibitikite] renfermant une eucolite. *Ibid.*, CLXI (253-258).
148. — Sur quelques roches volcaniques mélanocrates des Possessions françaises de l'Océan indien et du Pacifique. *Ibid.*, CLXIII, 1916 (177-183).
149. — Les phénomènes de contact endomorphes et exomorphes des granites à ægyrine et riebeckite du Nord-Ouest de Madagascar. *Ibid.* (726-731).
150. — La constitution des roches volcaniques de l'archipel des Comores. *Ibid.* (213-219).
151. — La constitution des roches volcaniques de l'extrême Nord de Madagascar et de Nosy bé ; les ankaratrites de Madagascar en général. *Ibid.* (253-258).
152. — Sur la transformation de quelques roches éruptives basiques en amphibolites. *Ibid.* CLXIV (969-974).
153. — Les orthoamphibolites et les orthopyroxénites feldspathiques de Madagascar, CLXV, 1917 (77-83).
154. — La systématique des roches grenues à plagioclases et à feldspathoïdes. *Ibid.*, CLXX, 1920 (20-25).
156. — Une éruption du volcan Karthala, à la Grande-Comore, en août 1918. *Ibid.*, CXXI, 1920 (5-10).
157. — Sur une série de roches syénitiques alcalines potassiques à minéraux sodiques. *Ibid.* (594-600).
158. — Sur les dacites à enstatite de la région de Figeac et sur une lave à enstatite non feldspathique de Madagascar, analogue à la boninite. *B. S. M.*, XLI, 1918 (Madagascar, 50-52).
158 *bis.* — Sur une syénite à corindon et sillimanite formée par endomorphisme du granite. *C. R.*, t. CLXXIV, 1922 (899-904).
159. Meunier (Stan.). — Sur une collection de roches recueillies à Madagascar, par M. Joly. *B. M.*, 1901 (98-100).
160. Muthuon (R. P.). — Sur l'existence de roches éruptives anciennes dans la chaîne de l'Angavo (Imerina oriental). *B. A. M.*, IX, 1911 (179-180).
161. — Un vieux volcan ruiné tout près de Tananarive. *Ibid.* (181-184).
162. — Quelques remarques sur le massif volcanique de l'Itasy. *Ibid.* (185-187).
163. — Sur le filon de gneiss amphibolique granulitique de Kianjanarivo (bassin du lac Itasy). *Ibid.*, X (275).

164. MUTHUON (R. P.). — Sur la diabase écailleuse d'Anjahanina (Betsileo). *Ibid.* (277-278).

165. — Sur l'ancien volcan d'Ambatolampy. Sur le massif éruptif d'Ankaramainty. P. V. Acad. malgache, 27 août 1918 (6-7), 1918 (2-3).

165 *bis*. — Les alignements granitiques de la région de Tananarive. *Ibid.* (nouv. série), I, 1914 [1917] (73-81 + pl.).

165 *ter*. — L'ancien volcan d'Ambatolampy. *Ibid.*, III [1916-17] [1922] (163-164 + 1 carte).

165 *quater*. — Sur de nombreux affleurements de diabase dans la région d'Antanamalaza. *Ibid.* (165-166).

165 *quinque*. — Compte rendu d'un voyage géologique dans les régions en bordure Sud et Ouest de l'Ankarata. *Ibid.* (167-172).

166. PRIOR (G.-T.). — Melilit-basalt from Amparafaravola, Madagascar. *Min. Magaz. London*, XIII, 1901 (89-90).

167. SIBREE (REV. J.). — Observations on the Physical Geography and Geology of Madagascar. *The Nature*. London, XX, 1879 (368-372).

168. — Pumice on Madagascar Shores from the Strait of Sunds. *A. A.*, 1884 (123).

169. VÉLAIN (Ch.). — Étude microscopique des roches volcaniques de Nosy bé. *C. R.*, LXXXIII, 1876 (1205-1208) et *Bull. Assoc. scient. France*, 1877 (257-260).

2° FORMATIONS SÉDIMENTAIRES[1].

170. BARON (REV.). — Notes on the sedimentary rocks of Madagascar with appendices on *a*) Some Madagascar fossils and *b*) The petrographical characters of some Madagascar Rocks. *A. A.*, XIII, 1889 (104-107).

171. — Geological Notes. A complete list of the new fossils from Madagascar with appendices : *a*) The rocks of Antananarivo, *b*) The age of Madagascar as an Island, *c*) Remarkable rock cavities. *Ibid.*, XIV, 1890 (242-250).

172. — Limestone and Dolomite on the east coast of Madagascar. *A. A.*, 1896 (416-417).

173. BARON (REV.) et MOUNEYRES. — Rapport sur une tournée géologique effectuée en 1903 dans l'Ouest et le Nord-Ouest de Madagascar. *B. E.*, IV, 1904 (1-20) et *R. C.*, 1905 (1-23 et 65-83).

174. BOULE (Marcellin). — Sur les fossiles rapportés de Madagascar par M. E. Gautier. *B. M.*, 1895 (181-187).

175. — Sur la géologie des terrains sédimentaires de Madagascar. *B. S. G.*, XXVII, 1899 (124-125).

176. — La géologie et la paléontologie de Madagascar dans l'état actuel de nos connaissances. *C. R.*, VIII[e] Congrès géol. international. Paris, 1901 (173-188 + une carte géologique).

177. — Sur l'existence d'une faune et d'une flore permiennes à Madagascar. *C. R.*, CXLVI, 1908 (502-504).

178. — Sur le permien de Madagascar. *B. S. G.*, X, 1910 (314-315).

179. BOULE (Marcellin) et THEVENIN (A.). — Sur de nouveaux fossiles de la côte orientale de Madagascar. *Ibid.*, VII, 1907 (314-316).

CARLE. Cf. n° 117.

180. COLCANAP (J.). — Extrait d'une notice géologique et paléontologique sur le cercle d'Analalava. *Ibid.*, 1905 (355-362). Travail complet publié dans *B. E.*, X, 1910 (69-85 + 1 pl.).

1. Cette liste ne comprend que les principaux mémoires concernant la stratigraphie de l'île, à l'exclusion des travaux d'un caractère purement paléontologique qui sortent du cadre de cet ouvrage. Quelques-uns de ceux-là (Boule, Cottreau, R. Douvillé, Germain, Lemoine, Monnier, Thévenin) ont été cités page 52, note 2.

180 *bis*.. — La géologie du cercle de Mevatanana. *Ibid.*, VI, 1906 (164-171) et *B. E.*, X, 1910 (86-97 + 2 pl.).

181. — Esquisse géologique de la région Nord de l'Onilahy [carte géologique]. *B. E.*, XVIII, 1921 (204-205).

181 *bis*. — Cottreau (Jean). — Fossiles crétacés de la côte orientale [de Madagascar]. — (Bryozonier, par F. Lana). *Ann. Paléont.*, C. XI, 1922 (111-191 + 1 pl.).

181 *ter*. Depéret. — Note sur les Dinosauriens Sauropodes et Théropodes du Crétacé supérieur de Madagascar. *B. S. G.*, XXIV. 1896 (176-194 + une pl.).

182. Douvillé (Henri). — Sur une coupe de Madagascar dressée par M. Villiaume. *Ibid.*, XXVII, 1899 (385-394).

183. — Sur les fossiles recueillis par M. Villiaume dans les roches charbonneuses des environs de Nosy Be. *C. R.*, CXXX, 1900 (1558-1570).

184. — Sur quelques fossiles de Madagascar. *B. S. G.*, 1904 (207-218).

185. — Sur la découverte du trias marin à Madagascar. *Ibid.*, X, 1910 (124-133).

186. Douvillé (Robert). — Sur les Foraminifères oligocènes et miocènes de Madagascar. *Ibid.*, VIII, 1908 (321-323).

186 *bis*. — Lépidocyclines et Cycloclypeus malgaches. *Ann. Soc. Roy. Malac. Belgique*, XLIV, 1909 (125-139).

187. Fischer (E). — Note sur la géologie du Sud de Madagascar. *B. S. G.*, XXV, 1868 (398-400).

187 *bis*. Fliche. — Note sur un bois fossile de Madagascar. *B. S. G.* XXVIII, 1900 (470-472).

187 *ter*. — Note sur des bois fossiles de Madagascar. *Ibid.*, V. 1905 (346-348 + 1 pl.).

187 *quater*. Fontoynont (Dr M.). — Les gisements fossilifères d'Ampasambazimba. *B. A. M.*, VI, 1908 (3-8).

188. Fournier (E.). — Sur des nodules (septaria) à Ammonites triasiques de Madagascar et sur le développement des Ammonoïdées. *C. R.*, 1910 (1560-1562).

188 *bis*. Fritel (Ph.). = Sur la présence des genres *Gangamopteris* M' Coy et *Schizoneura*. Schimper et Mong de l'Ankazomanga (Sud-Ouest de Madagascar). *Ibid.*, CLXI, 1920 (963-965).

188 *ter*. — Sur la présence des genres *Phragmites* Trin. et *Nephrodium* N. C. Riche dans les argiles pléistocènes de Benenitra (Madagascar). *Ibid.* (1389-1390).

189. Gautier (E.-F.). — Atlas de l'Ambongo. *N. R. E.*, 1898, fasc. 23 (1379-1395 + cartes).

190. — Géologie du cercle de la Mahavavy. *Ibid.*, fasc. 19 (857-861).

191. — Géologie du Mahilaka, de l'Ambongo, du Mahara, Milanja et du Bouéni. *Ibid.*, fasc. 21 (1153-1158 + 1 carte).

192. — Mission Émile Gautier à Madagascar. *Ann. géogr. Paris*, IV, 1895 (217-218 et 310-324).

193. Geay (F.). — Rapport d'explorations aux régions Nord-Est, Sud-Sud-Ouest, Sud et Sud-Sud-Est de Madagascar, 1904-1907, Paris (1-109).

194. Giraud (J.). — Sur la géologie du Sud de Madagascar. *C. R.*, CLIV, 1912 (1546-1547).

195. — Rapport de mission à Madagascar (30 octobre 1912-27 août 1913). *Nouv. Arch. Missions scient.*, nouv. série, fasc. 13, 1914 (1-48 + 1 pl.).

196. Grandidier (Guillaume), — Recherches sur les Lémuriens disparus et en particulier sur ceux qui vivaient à Madagascar. *Nouv. Arch. Muséum*, VII, 1905 (1-144 + 10 pl.).

196 *bis*. Jully (A.). — Les tourbières d'Antsirabe et les animaux disparus de Madagascar. *N. R. E.*, 1898, fasc. 21 (1175-1182 + carte).

197. Jully (A.) et Standing. — Le gisement fossilifère d'Ampasambazimba. *B. A. M.*, III, (87-94 + 1 carte).

197 *bis*. Jumelle (H.) et Perrier de la Bathie (H.). — Histoire naturelle d'un lac de Madagascar. *Rev. gén. botanique*, XXIV, 1912 (5-12).

198. Lacroix (A.). — Sur l'existence de la randannite à Madagascar. *B. S. M.*, XXXIX, 1916 (85-88).

199. Lemoine (P.). — Étude géologique sur le nord de Madagascar. Paris, 1906 (1-368 + cartes et pl.).

200. — Sur la présence de Tertiaire récent à Diego-Suarez, d'après les envois de M. Geay. *B. M.*, 1906 (338).

201. — Les différences de facies des terrains sédimentaires de Madagascar. *B. S. G.*, VII, 1907 (30-41).

201 *bis*. — Madagascar, *in Handbuch der regionalen Geologie von Steinmann*. Heidelberg, VII, 1911, fasc. 4 (1-43).

202. Lemoine (Mme P.). — Sur quelques Corallinacées trouvées dans un calcaire de formation actuelle de l'Océan Indien. *Bull. Muséum*, 1917 (130-132).

202 *bis*. — Leriche (Maurice). — Observations sur les poissons du Tertiaire supérieur de Madagascar. *Ann. Soc. géol. Nord*, XXXVIII, 1909 (5-6).

203. Merle (A.). — Notes sur les poissons fossiles de la région d'Andavakoera, Nord de Madagascar. *B. A. M.*, 1908 (13-14).

204. Merle (A.) et Fournier (E.). — Sur le trias marin du Nord de Madagascar. *B. S. G.*, X, 1910 (660-664).

205. Newton (R. B.). — Note on some Upper paleozoic Shells from Madagascar. *Ann. Magaz. natur. Hist.*, V, 1910 (6-10 + pl.).

206. Perrier de la Bathie (H.). — Notes sur la vallée permotriasique et le contact des terrains métamorphiques et des terrains sédimentaires dans l'Ouest de Madagascar. *B. E.*, X, 1910 (199-235 + carte et coupes).

207. — Notes géologiques sur le plateau Bara. *Ibid.*, XII (117-122).

208. — Note sur le gisement de subfossiles d'Antsiravazo (Antsirabe). *B. A. M.*, XII, 1913 (199-202).

209. — Les dépressions lacustres du Mangoro, de l'Alaotra, de l'Ankaizina et les mouvements récents du versant Est et du Nord de l'île. *Ibid.* (227-233).

209 *bis*. — Note sur la constitution géologique et la flore des îles Chesterfield, Juan-de-Nova, Europa et Nosy Trozona. *B. E.*, 1921, 3e trim.

209 *ter*. — Poisson (A.). — Note complémentaire à l'étude des poissons fossiles de Bobatomendry. *A. M.* (nouvelle série), t. III, 1916-17 [1922] (225-226).

210. Standing. — Rapports sur les ossements subfossiles provenant d'Ampasambazimba. *Ibid.*, II, 1903 (227-235); III, 1904 (305-310); IV, 1905 (77-81); VI, 1908 (9-11); VII, 1909 (61-64).

211. Thevenin (A.). — Note sur des fossiles de Madagascar recueillis par le Dr Decorse. *B. M.*, 1906 (334-336).

212. — Note sur des fossiles recueillis à Madagascar par M. G. Grandidier. *Ibid.* (336-338).

212 *bis*. — Sur de nouveaux fossiles rapportés de Madagascar par M. Geay. *B. M.*, 1907 (85-88).

213. — Sur un envoi de fossiles des terrains secondaires de Madagascar. *Ibid.* (88-89).

214. — Fossiles du Sud-Ouest de Madagascar. *Ibid.* (147-179).

215. Thoulet (J.). — Fonds sous-marins entre Madagascar et l'île Maurice. *C. R.*, CXLIV, 1907 (404-406).

216. Tornquist. — Ueber eine eocäne Fauna der Westküste von Madagascar. *Abhandl. Senckenberg. naturforsch. Gesells.*, XXVII, 1914 (323-337).

217. Watts (W.), Newton (E. T.), Newton (R. B.). — Notes on some rocks sections from Madagascar in possession of Rev. R. Baron. *A. A.*, 1896 (418-420).

218. Woodward (Smith). — On some permo-carboniferous Fishes von Madagascar. *Ann. a. Magaz. of Natur. Hist.*, V, 1910 (1-6 + pl.).

219. Zeiller (R.). — Sur une flore triasique découverte à Madagascar par M. Perrier de la Bathie. *C. R.*, CLIII, 1911 (230-235) et *B. E.*, 1912, fasc. 1, p. 85.

C. — MINÉRALOGIE APPLIQUÉE.

I. — *Les gisements minéraux de l'île en général.*

220. Grandidier (Alfred). — Madagascar. *Bull. Soc. géogr.* Paris, III, 1872 (Géologie, 369-371)[1].

221. Jove (L.). — Les terrains miniers dans le Nord de Madagascar. *Bull. Soc. étud. colon. et marit.*, 1883 (373-382 et 411-421).

222. Lacroix (A.). — Les richesses minérales de Madagascar. *Conférence faite à l'École coloniale le 23 décembre 1912.* Paris (Chaix), 1-10 et *Rev. sc. Paris*, 30 août 1913.

223. Levat (D.). — Richesses minérales de Madagascar. Paris, 1912 (I-XVI, 1-352 + carte).

224. Merle (A.). — Explorations minières dans le centre et l'Ouest de Madagascar. Paris, 1912 (1-158).

225. Mouneyres[2]. — L'industrie minière à Madagascar. *B. E.*, I, 1901 (13-22 + carte); II, 1902 (353-357); V, 1905 (12); VI, 1906 (1-21).

226. [Villiaume (M.)]. — Industrie minière, in *Guide de l'immigrant à Madagascar.* Paris, 1899, II (455-468).

227. — Les zones de fracture minéralisées. *Revue de Madagascar*, IV, 1901 (325-332).

II. — *Métaux précieux et platine*[3].

228. Bernet (Edmond). — Les gisements aurifères latéritiques du Nord-Ouest de Madagascar. *B. S. G.*, XVI, 1916 (439-469 + 4 pl.). Cf. E. Gruner. Analyse et présentation du mémoire sur les mines d'or du Nord-Ouest de Madagascar déposé par M. Edmond Bernet. *Mém. et C. R. Soc. Ing. civils France*, 1918 (43-55).

229. Boca (del). — Les gîtes d'or du Boueni à Madagascar. *B. I. M.*, 1897 (221-227).

230. Bordeaux (Albert). — Les mines d'or de la région d'Andavakoera. *Revue univ. Mines et métall.* Liège-Paris, XXX, 1910 (46-66) et *B. E.*, X, 1910 (187-196 + carte).

1. Cette note doit être citée au point de vue historique. En général on n'y trouve pas de précision sur les gisements ; cependant, l'auteur y indique l'existence de mines de cuivre et de plomb (20 lieues au Sud-Ouest de Tananarive), des mines de lignite, de manganèse, de fer et la découverte récente « de la poudre d'or dans le sable d'un des petits torrents qui se jettent dans l'Ikoupa, du côté de Maevatanane », c'est la première indication écrite concernant l'or de Madagascar.

2. D'autres rapports ont été publiés dans ce recueil par le même auteur ; ils consistent en statistiques et en renseignements administratifs. Des documents du même ordre ont été publiés annuellement dans le *Journal Officiel* par le chef du service des Mines, actuellement M. Bonnefond.

3. Plusieurs notices, ayant surtout un caractère financier, ont été publiées sur diverses affaires minières de la Colonie.

231. Chapin (G.). — Une mine d'or à Madagascar. *La Nature. Paris*, t. I, 1896 (257-259).

232. Chauveau (G.). — L'or à Madagascar dans le Sud du Betsileo. *Génie civil, Paris*, XXXI, 1897 (5-8 et 20-22).

233. Dégoutin (N.). — Sur quelques gisements d'or filonien de Madagascar. *B. I. M.*, 1906 (227-235) et Some Gold-Vein Formations in Madagascar. *Mining J. London*, LXXX, 1906 (335-).

234. Duparc (L.). — Sur les sables noirs de Madagascar et leur prétendue richesse en platine. *A. G.*, XXXVII, 1914 (37-46). Cf. Duparc et A. A. del Campo, Cerdano, S. Pinas de Rubies. *Ann. Fis. Quim.*, XIII, 1915 (82-88).

235. Elié. — Note sur le traitement au sluice des alluvions aurifères à Ambatofotsiloha (province de Fianarantsoa). *B. E.*, III, 1903 (387-399).

236. — Aperçu sur la prospection d'un filon de quartz aurifère [Ambodimanga]. *Ibid.*, V, 1905 (13-17).

237. Ganet (L.). — Rapport au Syndicat Marseillais des mines d'or de Madagascar [Antsolabato]. Marseille, 1901 (1-21 + 3 pl.).

238. Gascuel. — L'or à Madagascar. *A. M.*, X, 1906 (85-108 + carte).

239. Jumelle (N.) et Perrier de la Bathie (H.). — Le *Cyperus tuberosus* dans les terrains aurifères de Madagascar. *Ibid.*, CXLV, 1907 (485-487).

240. Lacroix (A.). — Sur les gneiss aurifères de Madagascar. Paris, *B. S. M.*, XXIII, 1900 (243-248).

241. — Sur l'origine de l'or à Madagascar. *C. R.*, CXXXII, 1901 (180-182).

242. — Les gisements de l'or dans les Colonies françaises. *In Nos Richesses coloniales*, Conférences faites en 1917 au Muséum d'Histoire Naturelle. Paris (Challamel), 1918 (1-60).

243. Launay (L. de). — Les filons d'or et les roches éruptives de la région d'Andavakoera à Madagascar. *B. S. G.*, X, 1910 (428-439).

244. Levat (D.). — Les gneiss aurifères de Madagascar. *Ibid.*, 1905 (744-745).

245. — Guide pratique du prospecteur à Madagascar. Paris (1-131 + carte). Voir aussi n° 223.

246. Marquet. — L'or à Madagascar. *Rev. de Madagascar*, août 1909 (54-76).

247. Merle (A.). — Les gisements aurifères du Nord de Madagascar. *A. M.*, XVII, 1910 (478-512 + 3 pl.).

248. Reboul (G.). — Rapport sur les gisements aurifères et bitumineux des régions d'Ankavandra et de Miandrivazo. *B. E.*, IX, 1909 (161-175 + pl.).

249. Suberbie (L.). — Les gisements aurifères à Madagascar. *Rev. gén. Sc.* Paris, VI, 1895 (715-717).

III. — *Minerais et minéraux autres que l'or.*

250. Borie (L.). — Notice sur le graphite de Madagascar. *B. E.*, XIV, 1914 (149-160 + 2 pl.).

251. Breton (A.). — La fabrication du fer en Imerina. *N. R. E.*, 1898, fasc. 18 (681-699).

252. Contanciel (P.). — Note sur les graphites de Madagascar. *B. I. M.*, I, 1912 (505-525). Duparc, Wunder et Sabot [gemmes]. Cf. n° 10.

252 *bis*. Erhart. — Le gisement de phosphates des îles Juan-de-Nova, Europa et Barren, leur valeur agricole. *B. E.*, 1921. 3e trim.

253. Lacroix (A.). — Les industries minérales non métallifères de Madagascar. Paris, *Revue scientifique*, t. 58, 1920. Tirage à part, 70 pages, in-8, *B. E.*, t. XVII, 1920 (32-62).

253 *bis*. — Les pierres de Madagascar. Gemmes. Pierres d'ornementation. Pierres d'industrie. *Ibid.*, 59, 1921 (321-329 et 353-361). Tirage à part, 59 pages, in-8; *B. E.*, t. XVIII, 1921, n° 2 (205-216) et n° 3 (189-200).

— Cf. 65 [Gemmes].

254. Lavila. — L'industrie du graphite [à Madagascar]. *B. E.*, 1919 (1-36).

255. Perrier de la Bathie. — Note sur les affleurements cuprifères de l'Ambongo et du Boueni. *B. E.*, XII, 1912 (81-83).

256. — Recherches sur les gîtes cuprifères du centre (Itinéraire). *Ibid.* (123-134).

257. Prince. — Une mission dans l'Ambongo, le Milanja et le Boina. *N. R. E.*, 1898, fasc. 15 (318-351).

257 *bis*. Shalley (John W.). — Graphite in Madagascar. *Mining Magaz.* t. XIV, 1916 (324-330).

IV. — *Combustibles fossiles. Asphalte. Pétrole.*

258. Bonnefond. — Rapport sur le gisement de charbon du Ianapera, province de Betroka. *B. E.*, XI, 1911 (123-148 + 4 pl.).

259. Bonnet. — Source de bitume dans le secteur d'Ankavandra, près du village d'Ankily. *Paris, Feuille renseignements Office colonial*, juillet 1902 (3-4).

260. Boule (M.). — Découverte de la houille à Madagascar par le capitaine Colcanap. *C. R.*, CXLVII, 1908 (818-819).

260 *bis*. Colcanap (J.). — Au sujet de l'existence possible de la houille à Madagascar. *B. E.*, 1908 (48-50).

261. Dumas (L.). — La question des pétroles. *B. E.*, t. XIX, 1922 (5-20).

261 *bis*. Evesque. — Étude sur les hydrocarbures de l'Ouest de Madagascar. *B. E.*, t. XVIII, 1921, n° 2 (3-30 + cartes).

262. Guillemin [Tarayre]. — Notice sur une exploration géologique dans le Nord de Madagascar en 1863. *C. R.*, XLIX, 1864 (993-996) et *A. M.*, X, 1866 (277-319 + 2 pl.).

Lemoine. Cf. n° 199.

Merle (A). Cf. n° 224.

Levat. Cf. n° 223.

262 *bis*. — Le pétrole de Madagascar. *A. M.*, t. III, 1923 (1-46).

263. Merle (A.) et Gault (N.). — Les hydrocarbures naturels et la question du pétrole à Madagascar. *Chimie et Industrie*, janv. 1923.

264. [X]. — Découverte de lignite à Nosy-bé et sur la côte Ouest de Madagascar, d'après des rapports adressés au Ministère de la Marine : recherches de M. Jan et de M. Lombardeau. *A. M.*, VI, 1854 (570-576).

Reboul. Cf. n° 248.

264 *bis*. Perrier de la Bathie (H.). — Sur les tourbières et autres dépôts de matières végétales de Madagascar. *B. E.*, 1921. 3e trim.

264 *ter*. — Au sujet des recherches de pétrole à Madagascar. *Ibid.*

265. Rigaud, Guinard et Thibon. — Exploration du terrain houiller de la côte Nord-Ouest de Madagascar. *B. I. M.*, III, 1889 (503-539 + carte).

266. Villiaume (M.). — Rapport sur les recherches de gîtes de combustible minéral et de métaux utiles à l'industrie entreprises dans le Nord-Ouest de Madagascar. *B. E.*, III, 1903 (15-30 + cartes et pl.).

V. — *Décomposition des roches et Pédologie.*

Bauer (Max). Cf. n° 113.
Lacroix (A.). Cf. n° 144.
267. Müntz (A.). — Analyse des terres des environs de Tananarive. *Journal officiel de Madagascar*, 27 mai 1897.
268. Müntz (A.) et Rousseaux (E.). — Étude sur la valeur agricole des terres de Madagascar. *Bull. Minist. Agricul. Paris*, 1901, n° 5 (1-216 + carte).
269. Müntz (A.). — La carte agronomique de Madagascar [analyses de terres]. *B. E.*, III, 1903 (251-285).
270. Schloesing (Th.). — Recherches sur l'état de l'alumine dans les terres végétales. *C. R.*, CXXXII, 1901 (1203-1211).

VI. — *Sources thermales.*

271. Arnaud (A.) et Hassenfratz (V.). — Sur une eau minérale de Madagascar [Marovoay]. *B. M.*, 1902 (284-288).
272. Bocquillon-Limousin. — Les eaux minérales de Madagascar. *Bull. gén. Thérapeutique*, CXLIII, 1901 (935-941).
273. Ferraud (V.). — Étude sur les eaux d'Antsirabé. *N. R. E.*, 1898, fasc. 24 (1647-1652).
274. Hérault (P.). — Les eaux minérales de Madagascar. *Rev. de Madagascar*, 1899 (242-253).
Herland. — Voir n° 126.
275. Kermorgant (A.). — Eaux thermales et minérales des colonies françaises. *Arch. d'hygiène et de médecine coloniales*, IV, 1901 (Madagascar, 236-244).
276. Lemoine (G. et P.). — Étude chimique et géologique de diverses sources du Nord de Madagascar. *C. R.*, CXXXIX, 1904 (248-253).
276 *bis*. Perrier de la Bathie (H.). — Études et recherches pour la captation des eaux thermales d'Antsirabe. *B. E.*, XV, 1915 (94-103).
277. Roland. — Les eaux thermales et minérales d'Antsirabé. *B. E.*, V, 1905 (39-42).
278. Salvat. — Recherches sur la radioactivité des eaux thermales d'Antsirabé. *Journal officiel Madagascar*, 1916 (16 septembre) (894-898).
279. Waage. — Analyse des eaux d'Antsirabé. *A. A.*, IV. 1891 (376).

D. — GÉNÉRALITÉS [1].

279 *bis*. Grandidier (Guillaume). — L'or à Madagascar. *Bull. Comité Madagascar*, III, 1897 (145-160).
280. — L'industrie minérale à Madagascar. Son histoire, son état actuel. *Paris, Rev. gén. des Sciences*, XXVI, 1915 (617-623 et 639-644).
280 *bis*. Gregory (J.-W.). — The Rift Valleys and Geology of East Africa. London, 1921, in-8 (Madagascar, *Chapter XXVII*, p. 307-313).
281. Kuntz (I.). — Ueber Goldvorkommen und Goldgewinnung in Madagascar. *Zeitsch. prakt. Geol. Berlin*, XVIII, 1910 (249-254).

1. Je place sous cette rubrique des ouvrages ou mémoires ne contenant pas d'observations nouvelles, mais résumant certaines questions concernant la Grande Ile ou fournissant des documents intéressants au point de vue historique.

282. Lacroix (A.). — Constitution minéralogique de Madagascar, ses volcans, ses pierres précieuses (Résumé). *C. R. Congrès Sociétés Savantes, 1902, Section sciences*. Paris, 1903 (53-54).

283. Launay (L. de). — Les richesses minérales de l'Afrique. Paris, 1903 (1-395).

284. — Gites minéraux et métallifères. Paris, 1913, 3 vol.

285. Laurent (L.). — L'or dans les Colonies françaises. *Ann. Inst. Colon. Marseille,* VII, 1901 (Madagascar, 117-127).

286. Marchand et Pelissier. — Les mines d'or françaises. Paris, 1903 (Madagascar, 239-269).

287. Merle (A.). — Les richesses minérales de Madagascar. Paris, 1907 (1-57 + carte).

288. Pelatan (L.). — Les richesses minérales des Colonies françaises. *Rev. univ. Mines*, 1900 (Madagascar, 182-244).

E. — GÉOGRAPHIE[1].

279. Buhrer (A.). — Étude géographique et géologique sur le Ménabé. Paris, 1913 (1-96), et *B. E.*, XIII, 1913 (38-71).

290. Carrier (A.). — Une mission géodésique à Madagascar. *La Géographie*. Paris, XXVIII, 1913 (1-26).

291. — Le massif de l'Ankaratra et ses abords. *Ann. géogr*. Paris, XXIII, 1914 (60-71).

291 *bis*. Dandouau (A.). — Géographie de Madagascar. Paris, 1922 (1-247 + fig. et cartes).

292. Gautier (Émile). — Madagascar. Essai de géographie physique. Paris (1-431 + cartes).

293. Grandidier (Alfred). — Histoire physique, naturelle et politique de Madagascar. I. Histoire de la géographie. Paris, 1885 (2ᵉ édit., 1892, 1-351).

294-295. Landais (A.). — Le massif d'Ambre (Madagascar). *La Géographie*, XIX, 1909 (227-275).

296. Mullens (Joseph). — Twelve months in Madagascar. London, 1875 (337 p.).

F. — INDUSTRIE ANCIENNE DES OBJETS EN PIERRE.

297. Millot. — Les ruines de Mahilaka. *B. A. M.*, X, 1912 (283-288).

298. Mouren et Rouaix. — Industrie ancienne des objets en pierre de Vohémar. *B. A. M.*, XII, 1913 [1916] (1-10 + 3 pl.).

299. Savaron. — *Ibid.* (10-12).

299 *bis*. Monnier (Dʳ). — Objets en pierre trouvés dans la province de Vohémar. *B. A. M.*, VIII, 1910 (141).

G. — VOYAGEURS ANCIENS.

300. [Du Bois]. — Les voyages faits par le sieur D. B. aux îles Dauphines ou Madagascar et Bourbon ou Mascarenne, ès années 1669-70. Paris. 1674.

301. Flacourt. — Histoire de la grande Isle de Madagascar. Paris, 1658 (reproduit dans la Collection d'ouvrages anciens sur Madagascar de A. et G. Grandidier, t. VIII et IX).

302. Fonteneau (Jean). — Voyage adventureux du capitaine Jean-Alphonse-le-Saintongeois. Paris, 1559. *Ibid.*, t. I, 92 et 95).

303. Haye (de la) et Caron. — Journal du voyage des Grandes Indes. Paris, 1698.

304. Souchu de Rennefort. — Histoire des Indes orientales. Leyde, 1688 (173).

1. Dans la publication *N. R. E.* se trouvent des articles intéressants sur diverses parties de l'île.

INDEX GÉOGRAPHIQUE MALGACHE

REMARQUES SUR LA TOPONYMIE MALGACHE

La plupart des noms de lieux malgaches ayant une signification précise, il importe d'écrire exactement leur orthographe et de donner quelques indications sur eux. Mon confrère et ami, Alfred Grandidier, a bien voulu m'autoriser à reproduire le passage suivant de son *Histoire physique, naturelle et politique de Madagascar*, vol. I, Histoire de la Géographie, 31ᵉ fascicule, 1885 (pp. 200-204).

Il est utile de signaler, au préalable, quelques règles élémentaires pour la prononciation correcte des noms malgaches cités dans le texte :

o se prononce toujours *ou* ;
ao se prononce généralement *o* ou *au* :
e a toujours le son *é* ;
j se prononce *dz* ;
g est toujours dur ;
s a toujours le son *ç*.

Les finales sont toujours muettes sauf *be* qui se prononce *bé*. Le son *i* est représenté soit par la voyelle *i*, dans le corps du mot, soit par *y* à la fin, mais, dans les deux cas, la valeur phonétique est la même ; cela explique pourquoi dans l'*Index* géographique, comme dans tout dictionnaire malgache, *Anosy* est placé immédiatement avant *Anosibe*, *Ampasiry* avant *Ampasiria*, etc.

« Les noms [de lieux] qui révèlent chez les Malgaches un remarquable esprit d'observation, tirent leur origine soit d'un fait local, insignifiant pour tout autre que pour les habitants du lieu même.

(Par exemple : *Namehana* [par corruption de Nanehana, où l'on s'est réuni (pour détruire les rats qui y avaient fait invasion)][1] ; *Matiandrano* (où l'on a trouvé un noyé) ; *Masiakalika* (où il

1. Les indications entre [ ] écrites en italiques sont des traductions plus précises que je dois à M. le Gouverneur Julien.

y avait un chien méchant); *Ambohikambana* (le village des jumeaux); *Andihizana* (où l'on a dansé); *Andohalambomaty* (où l'on a trouvé un crâne de sanglier); *Ampoharanilambo* [(le terrain) que les sangliers ont bouleversé]; *Ampasambazimba* (où il y avait la tombe d'un Vazimba); *Ambohijoky* (le village du frère aîné); *Ambohitriniantitra* (le village du vieillard); *Mahazandry* (qui rend cadet, etc.)[1],

ou pour les voyageurs qui passent,

(Par exemple: *Behenjy* (où il y a beaucoup de va-et-vient); *Ankianjasoa* (où il y a une belle place publique); *Soanierana* (le bien obtenu en le sollicitant); *Ambohitantely* (le village où l'on trouve du miel); *Marofangady* (où il y a beaucoup de bêches); *Ankadivory* (qui est entouré d'un fossé circulaire); *Ampamoizankova* [la montagne où les Hova (emmenés pour être vendus à la côte) sont au désespoir (parce que c'est de là qu'ils jetaient un dernier coup d'œil sur leur patrie)]; *Sarodrano* (où l'eau est rare); *Ampanotoamaizina* (où l'on pile le riz dans l'obscurité parce que c'est une halte où les voyageurs arrivent d'ordinaire tard); *Ankatsaoka* (où le sable crie sous les pieds)[2]; *Ampangorinana* (où il y a un moulin à rhum)[3], etc.),

soit d'un événement historique,

[*Ambohidralambo* (la ville de Ralambo, l'un des anciens chefs de l'Imerina); *Ambohidrabiby* (la ville de Rabiby); *Ambohitrandriamanjaka* (la ville de Andriamanjaka); *Ampahitrandriamandroso* (où était le parc à bœufs d'Andriamandroso); *Bonganandrianampoinimerina* (la montagne d'Andrianampoinimerina); *Antananarivo* [*déformation* de *An-tanin'-ny-arivo*, à la terre des mille]; *Marotáolana* [qui était jonché d'ossements (après la bataille)]; *Ombifotsy* [(où l'on a immolé un) bœuf blanc]; *Ampitantafika* (où l'armée a passé à gué); *Tondrolo* [(la plaine des) doigts pourris parce qu'en cet endroit il y a eu un grand carnage]; *Nosimanjaka* (l'île royale); *Mahavelona* (qui donne la vie, parce que c'est en cette ville (Foulpointe) que le chef des Betsimisaraka, Tom Tsimalaho, s'est remis d'une grave maladie); *Ambohipihaonana* [où a eu lieu l'entrevue (de Radama Ier avec le roi Sakalava Andriantsoly)]; *Antoby* (où était le camp), etc.],

d'anciennes légendes,

(Par exemple : *Ambatondratrimo* (où est le rocher de Ratrimo, être fabuleux); *Ambohidrapeto* (sur la colline de Rapeto, autre être légendaire); *Ambohidramatoakapila* (où vivait Mme Kapila); *Ambohipananina* (sur la montagne du Fananina ou hydre malgache); *Rasoabe* et *Rasoamasay* (femmes du géant Darafify, très redoutées par les Betsimisaraka); *Matitàna* [(la rivière de) la Main morte, parce que, d'après une légende malgache, c'est là qu'a eu lieu un combat singulier entre Darafify et un autre géant, combat dans lequel le premier perdit la main], etc.)

1. *Anjanabonoina* (où l'on a tué un enfant).
2. Signifie aussi, où il y a des roseaux, *katsaoka*.
3. Un pressoir à canne à sucre.

ou de croyances superstitieuses,

(Par exemple : *Tsitialambarovitra* (qui n'aime pas les lamba usés, où l'on ne peut passer avec un vieux lamba)[1] ; *Volomborona* ou *Volonakoho* (la montagne aux plumes d'oiseaux ou aux plumes de coq, parce que l'on y faisait beaucoup de sacrifices de volailles) ; *Ambatonondrilahy* (le rocher du Bélier, parce que l'on y sacrifiait de jeunes moutons) ; *Ampasimbazimba* (le sable du Vazimba) ; *Ambohimasina* (la montagne sainte) ; *Ambodisiny* (au pied de la cruche sacrée), etc.),

soit le plus généralement d'une particularité géographique,

(Par exemple : *Vinanitelo* (aux trois confluents) ; *Andriambe* (où il y a de grandes cascades) ; *Andriandava* (où il y a une longue suite de rapides) ; *Morarano* (qui a un cours lent) ; *Kelimandry* (petite (rivière) qui dort, dont l'eau est stagnante) ; *Lempona* (qui est enfoncé dans la vallée) ; *Iharoka* (dont le lit est [*traître*]) ; *Anivorano* (qui est au milieu de l'eau); *Onibe* (le grand fleuve); *Onive* (le fleuve [*coudé*]) ; *Andoharano* (qui est à la source); *Nosifito* (les Sept Iles); *Sisaony* (la moitié du fleuve, parce que c'est une des deux branches qui forment l'Ikopa) ; *Ambodiparihy* (qui est au débouché d'un étang) ; *Amboniriana* (qui est au-dessus d'une cascade), etc.),

d'un caractère physique,

(Par exemple : *Bezavona* (où il y a beaucoup de brouillard) ; *Tsiafajavona* (qui n'est jamais débarrassé du brouillard) ; *Anelobe* [où il y a un grand parasol (de nuages)] ; *Fonovaratra* (*capuchon* d'éclairs) ; *Taliokoaka* (qui est écorché par le vent) ; *Mañalena* (où l'on est mouillé) ; *Mahinia* (qui est aride et desséché) ; *Vovotany* [qui est un amas de poussière (parce que l'eau y manque)] ; *Sarodrivotra* (qui est dangereux (à cause du) vent) ; *Analamanara* (où la forêt est fraîche) ; *Ambatolokanga* (où il y a une roche qui rend des sons) ; *Ranomafana* (eaux chaudes) ; *Anafobe* (ancien volcan où il y a eu beaucoup de feu) ; *Tanilatsaka* (où il y a eu des éboulis) ; *Nosy Mivola* (île qui parle, où il y a un écho), etc.),

ou naturel,

(Les montagnes (en malgache *Vohitra*, *Tendrombohitra* [pic, sommet], *Bongo* ou *Bonga*, *Vongo*, *Havoana*, *Tsingy*) sont souvent caractérisées par leur hauteur, leur forme, leur structure ou leur couleur ; les rivières (en malgache *Ony*, *Renirano*, *Saha*) et les lacs ou étangs (en malgache *Alaotra*, *Tasy*, *Sihanaka*, *Farihy*, *Kamory*) par leur grandeur, leur profondeur, leur courant, la couleur de leurs eaux, la disposition et la constitution de leur lit, etc. Ainsi nous trouvons les noms suivants : *Angavo* (qui est proéminent) ; *Andrainarivo* [qui est élevé au-dessus de mille (autres montagnes)] ; *Marivolànitra* [(montagne au-dessus de laquelle) le ciel n'a plus qu'une faible épaisseur] ; *Mahatsinjo* (d'où l'on voit au loin) ; *Mahalaina* [qui décourage (parce que les pentes sont trop abruptes)] ; *Amboniloha* (qui s'élève au-dessus des têtes) ; *Trafonomby* (qui a la forme d'une bosse de zébu); *Vontovorona* (qui est conique); [*Vontovorona* (organe mâle des oiseaux)]; *Tsiafabalala*

1. Ou, qui n'aime pas les vêtements déchirés (car le froid passe à travers les trous).

et *Tsiafakalika* (que les sauterelles, que les chiens ne peuvent gravir); *Andavabato* (où il y a une caverne); *Ambatomiady* [(rivière) dont les cailloux s'entrechoquent]; *Ampefivato* (où il y a un mur de rochers); *Valavato* (qui a une enceinte de rochers); *Befotaka* (où il y a beaucoup de boue); *Sahamadio* (rivière transparente); *Saharevo* (eau boueuse); *Vohimena* (la montagne rouge); *Ampasimena* (où le sable est rouge); *Andranomanelatra* (dont l'eau brille), etc.),

d'objets distincts appartenant à l'un des trois règnes,

(Par exemple : *Sahaomby* (le vallon des Bœufs); *Belambo* (beaucoup de sangliers); *Saroboalavo* (difficile (à habiter à cause des) rats ; *Manampanihy* (qui a des chauves-souris) ; *Alasora* (le bois des Hérissons) ; *Ambohitsokina* (à la montagne des Hérissons) ; *Tsimanampesotsa* (qui n'a pas de dauphins); *Nosy Trozona* (l'île aux Baleines) ; *Ambohiborona* (la montagne des Oiseaux); *Masiapapango* (qui est mauvais pour les milans) ; *Vorondolo* [(la montagne des) Effraies] ; *Ambohitrakoholahy* (la montagne des Coqs); *Ambohitrakanga* (le village des Pintades); *Ambatokitsikitsika* (le rocher des Crécerelles); *Besorohitra* (beaucoup d'alouettes); *Nosy Langoro* (l'île aux Hérons); *Beparasy* (beaucoup de puces); *Maromoka* (beaucoup de moustiques); *Marovitsika* (beaucoup de fourmis); *Sahanivotry* (le vallon où il y a des nids de termites); *Ambatopanenitra* [le rocher où il y a des (nids de) guêpes] ; *Ankazotokana* (où il y a un arbre isolé); *Ambodiharamy* [au pied d'un haramy (arbre)] ; *Ankafotra* [où il y a des hafotra (arbres)] ; *Ankilibe* (où il y a un grand tamarinier) ; *Amboarakely* [où il y a de petits voara (figuiers)] ; *Amboasary* (où il y a un citronnier); *Andamotibe* [où il y a un grand lamoty (prunier malgache)] ; *Manampontsy* (qui a des fontsy ou ravinales) ; *Tsararavina* (où il y a de belles feuilles) ; *Anativolo* (qui est sous les bambous); *Anjozoro* (où il y a des joncs); *Amberobe* [où il y a beaucoup de vero (grande herbe)] ; *Beanjavily* (où il y a beaucoup de bruyères) ; *Marovahona* (beaucoup d'aloès) ; *Amboatavo* (où il y a des calebasses) ; *Ambohiboanjo* (le village aux Arachides); *Analabory* (où il y a un bosquet) ; *Ialatelo* (les trois bois); *Andringitra* (qui est sans végétation); *Varahina* [(la rivière au) Cuivre] ; *Ivatobe* (le gros rocher); *Antsira* (où il y a du sel); *Ambatomenaloha* (où le rocher a son sommet rouge); *Ambatomanga* (où la roche est bleuâtre); *Vatolahy* (le rocher mâle ou la colonne de pierre); *Ambatofisaka* (où le rocher est plat et mince) ; *Ambatotelomirahavavy* (où il y a trois roches-sœurs); *Ankaramisampana* (qui est surmonté d'une roche bifurquée); *Vatovaky* (le rocher fendu), etc.)[1]

et qui, du reste, ont souvent disparu depuis longtemps. Comme ces particularités et ces caractères se retrouvent souvent en des points différents, beaucoup de localités, quelquefois même assez voisines, ont le même nom,

(Les *Vohibe* (litt. : Grande montagne), les *Ambatobe* (litt. : Grosse roche), les *Maintirano* (litt. : Eau noire), les *Andranovelona* (litt. : Eau courante), les *Beparasy* (litt. : Beaucoup de puces), les *Mahatsinjo* [litt.: Qui permet de voir au loin], les *Befotaka* (litt.: Beaucoup de boue), etc., sont innombrables par toute l'île.

il en résulte dans la nomenclature des lieux à Madagascar une certaine confusion

1. Ambatofangehana [à la pierre attachée [au sol] fortement (difficile à extraire)]; Ambatofinandrahana (à la pierre tailladée par le ciseau).

qu'augmentent encore les changements de noms dus à la coutume du tabou[1] et les changements de site si fréquents chez les peuplades vagabondes et superstitieuses de l'Ouest et du Sud, qui, sous le plus futile prétexte, abandonnent leur village pour aller s'établir ailleurs[2]. Du reste, beaucoup de villages n'ont d'autre nom que celui du canton où ils sont bâtis, de la rivière sur le bord de laquelle ils sont placés ou de la montagne au haut de laquelle ils sont perchés, et ces noms, d'ordinaire fort longs, ont souvent plus de syllabes qu'il n'y a de maisons.

« La plupart des étymologies indiquées dans les tableaux précédents ne sont pas douteuses ; il y en a cependant dont le sens est incertain, soit que les noms comportent des traductions différentes,

(Ainsi Antananarivo peut être traduit indifféremment : *Any tanāna arivo* (litt. : Où il y a mille villages), *Any tānana arivo* (litt. : Où il y a mille bras), et *Any tanana arivo* (sous-entendu *lahy* ou *trano*) (litt. : La ville des mille hommes ou des mille maisons), [et, d'après M. Julien, à la terre des mille, par déformation d'*An-tanin'ny arivo*.]

soit qu'avec le temps ils aient été mutilés par une prononciation vicieuse des habitants,

(Par exemple : *Sakamaina* (litt. : Barrière sèche) qui est une corruption de *Saikamaina* (litt. : Qui est presque sec) ; *Analamahitsy* (litt. : Où est une forêt droite) qui est une corruption d'*Andalamahitsy* (litt. : Où le chemin est droit), etc.)[3],

soit plutôt que l'orthographe vraie ait été altérée par le voyageur qui a mal saisi les sons ;

(Nous trouvons sur le plan du port de Sainte-Marie, par Schneider (1819), *Umberschaum* au lieu d'*Ambarisomotra* ; sur les cartes anglaises, *Vatosoomdanow* au lieu d'*Ambatosomondraba, Zembrana* au lieu de *Sambirano, Calcatura* au lieu de *Kalakajoro, Nrangunmoodu* au lieu d'*Andranomody, Mboolé Vahalée* au lieu d'*Ambodivahibe, Charock* au lieu de *Siraka*, etc. Lacour écrit *Ratchanar* pour *Ratsiarana*, et *Botthar* pour *Ambatoharanana*, Le Gentil : l'*Haubaraune* pour *Loharano*, Mayeur : *Ambou-Amezaque* pour *Ambohimanjaka*, Chardenoux : *Angalamazot* pour *Analamazaotra*, Rooke : *Adankodret* pour *Antranokoditra*, etc.)

1. Chez les Malgaches, [comme chez les Polynésiens et les Indonésiens], le nom des chefs est souvent taboué après leur mort, c'est-à-dire qu'il ne peut plus être prononcé par leurs sujets, non plus qu'aucun des mots qui y entrent, de sorte que les noms de montagnes, de rivières, de villages qui contiennent des racines communes avec celles du nom des chefs défunts sont remplacés par d'autres. Il arrive souvent aussi que, sur l'avis des *ombiasy* ou devins, les noms de certaines localités sont changés à la suite d'événements malheureux ou dans l'espoir d'être favorisés par le sort.

2. La construction de chemins de fer, de routes a une grande influence sur ces déplacements de villages.

3. A citer encore Tuléar [corruption de *tolia* (port)] ; Fénérive (pour Fenoarivo).

quelques-uns même sont, jusqu'à nouvel ordre au moins, incompréhensibles.

(Par exemple: *Ikopa*, *Kijony*, *Kipatso*, *Kiraba*, *Kinavango*, *Kasige*, *Kokony*, *Rango*, *Saka*[1], *Sody*, etc. Lorsqu'on interroge les Malgaches sur la signification de ces noms, ils répondent qu'ils ne savent ce qu'ils veulent dire, que ce sont les noms donnés autrefois par leurs pères. Le Rév. J. Sibree, à qui l'on doit d'importants travaux sur Madagascar, pense que tous ces noms, dont le sens est obscur, sont les derniers vestiges de la langue que parlaient les habitants primitifs de l'île avant les invasions indonésienne et malaise (Malagasy Place-Names, *Journ. Asiatic Soc. of Great-Britain*, vol. XV, part. 2.)[2]

« Au premier coup d'œil jeté sur une liste de noms de lieux malgaches, on est frappé de ce qu'un grand nombre, plus de la moitié, commence par la syllabe Am ou An qu'accompagnent un, deux et quelquefois trois mots combinés dont l'ensemble décrit le plus souvent, comme nous venons de le dire, quelque particularité caractéristique du lieu ; cette syllabe Am ou An est une contraction de l'adverbe démonstratif Any qui signifie : *où il y a, où se trouve, auprès de, sur*. Le premier mot qui vient après cet adverbe est d'ordinaire l'un des suivants : bohi, bato, bodi, ala, kazo, tana, tsaha, drano, pasi, bala, kadi, kara ou daka, mais le plus fréquent de tous est le premier ; un quart environ des noms de lieux commencent, en effet, par Ambohi, qui est une contraction d'Any vohitra litt. : Où est la montagne qui.., Où est le village qui[3].

(Les lois phoniques, qui ont une grande rigueur à Madagascar, veulent que, dans les mots composés, certaines lettres et même certaines syllabes, tant initiales que finales, disparaissent ou soient modifiées. Dans une combinaison de deux mots dont le premier se termine par ka ou par tra et dont le second commence par une consonne, la syllabe finale du premier est supprimée et la consonne initiale du second, lorsque c'est une f, une h, une l, une r, une s, un v ou un z, permute ainsi qu'il suit : f en p, h en k, l en d, r en dr, s en ts, v en b et z en j. Les autres consonnes ne subissent pas de transformation. La même règle s'applique aux mots qui se

1. *Saka* est la forme provinciale de *Saha* vallée.

2. A ces noms malgaches, auxquels il convient de conserver leur orthographe originelle, il faut ajouter quelques noms d'origine européenne, tels que les suivants:

Origine française: Fort-Dauphin, Colcanap, Massé, Perinet, Hellville.

Origine portugaise: Caps Sainte-Marie, Saint-Vincent, Saint-André, Saint-Sébastien, île Sainte-Marie, baie Saint-Augustin, d'Antongil, de Sainte-Luce, Diego Suarez (pour Soarez).

Origine anglaise: Foulpointe, Dover Castle, îles Barren, Christmas.

Origine arabe: Kidonjy, Jangoa, Majunga (pour Mji-Angaia).

3. A Madagascar, le mot *vohitra*, qui est le *bukit* des langues indonésienne et malaise et qui signifie en réalité montagne ou colline, sert aussi à désigner les villes et les villages, concurremment avec le mot *tanàna*. Dans des temps encore proches de nous, toutes les agglomérations de maisons étaient haut perchées sur les montagnes ou au moins sur des éminences d'où les habitants pouvaient mieux veiller à leur sécurité et se défendre plus facilement contre les incursions de leurs voisins ; il n'est donc pas étonnant que le même mot s'applique indifféremment à la montagne et au village qui est construit à son sommet. Il s'applique aussi aux hommes libres comme personnifiant le village.

terminent en na, ainsi qu'à l'adverbe de lieu Any, dont l'a ou l'y final tombe, l'n se changeant en m devant le b et le p et la syllabe tout entière se supprimant devant les mots dont l'initiale est une m ou une n. Lorsque le second mot commence par une voyelle, on élide l'a ou l'y final du premier dans les syllabes terminales ka, tra, na ou ny. Exemples : *Any vato mena* (où il y a un rocher rouge) devient *Ambatomena* ; *Any vohitra fanja* (où est le village marécageux), *Ambohipanja* ; *Any harana malaza* (où il y a une roche fameuse), *Ankaramalaza* ; *Any lavaka lolo* (où est la grotte des morts), *Andavadolo* ; *Any lavaka omby* (où est la caverne aux bœufs), *Andavakomby* ; *Vohitra vahoaka* (le village du Peuple), *Vohibahoaka* ; *Any fasina lava* (où le sable est long), *Ampasindava* ; *Any morona be* (où le bord est grand), *Amorombe*; *Any nosy* (où il y a une île), *Anosy* ; *Any saha kely* (où il y a un petit cours d'eau), *Antsahakely* ; *Any rano fotsy* (où l'eau est blanche), *Andranofotsy* ; *Any zozoro be* (où il y a beaucoup de joncs), *Anjozorobe* ; *Sarotra rivotra* (difficile à cause du vent), *Sarodrivotra*, etc. — Dans certains noms, il y a une n additionnelle entre deux mots dont le second est le complément indirect du premier, n qui se transforme en m devant un b et un p. Exemple : *Any vala ondry* (où est le parc aux moutons) devient *Ambalanondry* ; *Any vato Rakoto* (où est la roche de Rakoto), *Ambatondrakoto* ; *Any trano hala* (où il y a des toiles d'araignée), *Antranonkala* ; *Any hery fo* (où il y a de la force d'âme), *Ankerimpo* ; *Any trano vazaha* (où est la maison des étrangers), *Antranombazaha*, etc.)

... Viennent ensuite, par ordre approximatif de fréquence : *Ambato* (d'*Any vato,* litt. : Où est le rocher qui...) ; *Ambodi* (d'*Any vody,* litt. : Au pied de...) ; *Anala* (d'*Any ala,* litt. : Où est la forêt qui...) ; *Ankazo* (d'*Any hazo,* litt. : Où les arbres sont...) ; *Antàna* (d'*Any tànana,* litt. : Où est le village qui...) ; *Antsaha* (d'*Any saha,* litt. : Où est le vallon, le cours d'eau qui...) ; *Andrano* (d'*Any rano,* litt. : Où l'eau est...) ; *Ampasi* (d'*Any fasika* (hova), *fasy* ou *fasina* (province), litt. : Où le sable est...) ; *Ambala* (d'*Any vala,* litt. : Où il y a un enclos, une ferme qui...) ; *Ankadi* (d'*Any hadi,* litt. : Où il y a un fossé, une tranchée qui)... ; *Ankara* (d'*Any harana,* litt. : Où il y a un rocher qui...), etc.

« Cette première syllabe *Am, An, And, Ant,* disparaît souvent, mais le sens du nom change ; on ne peut pas, en effet, dire indifféremment : *Ambohibe* et *Vohibe* (qui signifient respectivement Sur la grande montagne et La grande montagne) : *Analasora* (Là où est le bois des Hérissons) et *Alasora* (Le bois des Hérissons) ; *Andranomamy* et *Ranomamy* (L'eau douce) ; *Antsahaondry* (Dans le vallon des moutons) et *Sahaondry* (Le vallon des Moutons) ; *Ampasimena* (Sur le sable rouge) et *Fasimena* (Le sable rouge) ; *Ambalanosy* (Où est l'enclos des chèvres) et *Valanosy* (L'enclos des chèvres) ; *Ankadivory* (Où il y a un fossé circulaire) et *Hadivory* (Le fossé circulaire) ; *Ankaranandriana* (Auprès de la roche du Seigneur) et *Ankaranandriana* (A la roche [seigneuriale]), etc. Mais, dans le second cas, les Malgaches font le plus souvent précéder le nom de l'article spécial aux noms propres, qui est un simple I, et ils disent : *Ivohibe, Ialasora, Ifasimena, Ivalanosy, Iharanandriana, Ibity,* etc.

« Laissant de côté, parmi les mots qui commencent par une autre lettre que l'A, ceux dont la racine initiale est *Vohi, Vato, Vodi, Hazo, Tana, Saha, Rano, Fasi, Vala, Hadi, Hara* ou *Ihara,* et qui, comme nous venons de le dire, se confondent dans une certaine mesure avec les précédents, nous trouvons que le plus grand nombre débute par *Be* (grand, nombreux), *Fara* (le dernier), *Maha* (qui est capable de..., qui est propre à..., qui rend...), *Man* (préfixe verbal qui, joint à la racine, forme les verbes), *Manjaka* (qui règne, qui gouverne), *Maro* (beaucoup de...), *Nosy* (île), *Saro* (par contraction de *sarotra,* qui est difficile, dangereux, cher), *Soa* ou *Tsara* (qui est beau, qui est bon), *Tsi* (qui n'est pas, qui n'a pas...), *Tsipak* (qui ne peut pas être atteint par...), *Vinan* (la bouche ou le confluent), etc. Tous ces noms sont souvent précédés d'un *I* qui est, comme nous venons de le dire, l'article consacré aux noms propres ; ainsi *Imanakana, Inosifito, Ivinanimalaza* sont les mêmes noms que *Manakana, Nosifito, Vinanimalaza,* etc.

« Beaucoup de noms de lieux se terminent, surtout chez les Betsileo, par *arivo* (mille) ou par *ony* (mot qui signifie fleuve, grande masse d'eau et, au figuré, grande agglomération de peuple). Le Rév. Price a constaté que cette finale était caractéristique des villes importantes, des chefs-lieux féodaux. »

Observations au sujet de l'index

On a cherché à préciser la position des noms de lieux au cours de la confection de cet Index, c'est pourquoi les références géographiques y sont mises parfois sous une forme différente de celle adoptée dans le texte.

Quand dans le corps de l'ouvrage les références géographiques sont insuffisantes pour fixer la position d'une localité, il est facile de trouver dans l'Index, à l'aide du numéro de la page, la précision nécessaire.

Lorsque de petites différences existent entre l'orthographe d'un nom dans les divers chapitres de l'ouvrage et dans l'Index; c'est ce dernier qui fait foi: il a été en effet soumis à une dernière revision.

A

B

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

R

S

T

V

W

Z

INDEX DES NOMS GÉOGRAPHIQUES ÉTRANGERS A MADAGASCAR

A

B

C

G

H

I

J

K

L

M

N

INDEX GÉOLOGIQUE, LITHOLOGIQUE ET MINÉRALOGIQUE [1]

A

1. Il n'a été fait de renvoi qu'à la description principale.

D

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

W

X

Y

Z

ERRATA

TOME I

Page xv, ligne 24,	*au lieu de*	Cortès,	*lire*	Costes.
— 65, — 35,	—	Mombasasa,	—	Mombasa.
— 66, — 17,	—	Pontlandien,	—	Portlandien.
— 98,	—	β. **Boina**,	—	β. du **Maevarano à la Sofia.**
— 124, — 10,	—	gneissique,	—	gneissique et granitique.
— 201, — 11,	—	forme β,	—	forme α.
— 215, — 5,	—	gauche,	—	droit.
— 249, — 13,	—	$d^{2/3}$,	—	$d^{3/2}$.
— 262, — 8 (remont.)	—	l'absence,	—	la présence.
— 307, — 15,	—	droite,	—	gauche.
— 325, — 3,	—	diopside,	—	leucaugite.
— 355, — 5,	—	7,5,	—	8,5.
— 410, — 2 (remont.)	—	Mursinska,	—	Ilmen.

TOME II

Page 42, ligne 11 (remont.)	*au lieu de*	les vallées,	*lire*	la vallée.
Pl. 11 et 12.	—	Tacchini,	—	Tacchi.
Page 146, ligne 19,	—	—	—	—
— 224, — 6,	—	de la potasse sur la soude,	—	de soude sur la potasse.
— 299, — 19,	—	Sarupoukaia,	—	Sarapoulka.
— 332, — 2 (remont.)	—	Madagascar,	—	Madagascar. Sauf dans le cas.
— 387, — 7,	—	II.(4)5.1.1(3),	—	II 5.1.3.
— 394, — 14,	—	MnO,	—	MgO.
— 404, — 14 et 19 (remont.)	—	63,	—	63 *bis.*
— 420, — 22,	—	P^2H^5,	—	P^2O^5.
— 422, — 11,	—	III,	—	IV.
— 425, — 20,	—	IV[5(6).3(4).4(5)(2)...,	—	IV[5(6).3(4).4(5)](2)...
— 430, — 7 (remont.)	—	Na^2O,	—	NiO.
— 431, — 13,	—	gauche,	—	droite.
— 443, — 20,	—	possèdent,	—	ont perdu.
— 475, — 37,	—	Nord-Nord-Est	—	Nord-Nord-Ouest.
— 507, — 22,	—	II.3.4.3(4).3(4),	—	II.3.4.3(4).
— 556,	—	Tacchini,	—	Tacchi.
— 593, analyse 196 et 197,			*remonter d'une ligne,*	1,90 / 1,30 } 3,10 $[ZrO^2]$ $[Ce^2O^3]$.

Page	594,	ligne 9 et 10,	*au lieu de*	K^2O,	*lire*	Na^2O.
				Na^2O,	—	K^2O.
—	609,	— 19 et 25,	—	210,	—	210 *bis*.
—	612,	— 1 (remont.)	—	1.'5'...	—	I'.'5...
—	626,	— 3,	—	242,	—	239.
—	—	— 4,	—	243,	—	240.
—	654,	— 1,	—	IV[5.(3)4.4.4'],	—	IV[5.3(4).4'].

Pages 107 et 108, dans les tableaux la colonne *polychroïsme* porte + pour les substances très polychroïques ; — pour celles qui ne le sont pas du tout et elle ne porte aucun signe pour celles dont le polychroïsme est très faible.

TOME III

Page	31,	ligne 1,	*au lieu de*	I(II).6.'2.3(4).4,	*lire*	I(II).6.'2.4.
—	64,	— 21,	—	Canaries,	—	Cap Vert.
—	—	— 1 (remont.)	—	—	—	—

ERRATA DES NOMS MALGACHES[1]

TOME I

Page	5, ligne	31.	*au lieu de*	Antongondrahoja,	*lire*	Antongodrahoja.
—	7, —	18,	—	Sahavaro,	—	Sahavato.
—	14, —	6,	—	Tsinanampetsoka,	—	Tsimanampesotse.
—	31, —	17,	—	Amberimay,	—	Amberomay.
—	41, *carte*		—	Betaimboroka,	—	Betaimboraka.
	—		—	Kijioly,	—	Kigioly.
	—		—	Manantany,	—	Mananantanana.
	—		—	Mandesira,	—	Mandehasira.
	—		—	Mondro,	—	Mandro.
—	50, *carte*		—	Ampilofito,	—	Ampilofilo.
	—		—	Eminimy,	—	Eminiminy.
—	51, ligne	1 (remont.)	—	Androhomana,	—	Andrahomana.
—	64, —	15,	—	Ambalajanakomby,	—	Ambalanjanakomby.
—	74, —	19,	—	Itomanpy,	—	Itomampy.
—	76, —	7,	—	Isotry,	—	Iotry.
—	79, —	5,	—	Bobaola,	—	Bobala.
—	81, *carte*		—	Bebasakoa,	—	Bobasakoa.
	—		—	Betsiaka,	—	Betsieka.
	—		—	Ambazavoro,	—	Ambavazoro.
—	84, —		—	Berezika,	—	Besezika.
	ligne	22,	—	Ankaibe,	—	Ankiabe ou Anjavibe.
	—	23,	—	Antsidy,	—	Antsidehy, et *ajouter* : Amparihy maty.
	—	23-24,	*après*	Tsimamangahava,	*ajouter*	ou Antsahamanavaka.
	—	25,			—	Amberonerona, où la mer a déjà pénétré.
—	87, *carte*		*au lieu de*	Ampasibilitika,	*lire*	Ampasibitika.
	—		—	Mahatsinhazo,	—	Mahatsiazo.
	—		—	Antsahabie,	—	Antsahabe.
	—		—	Ankingafay,	—	Ankingafohy.
—	103, ligne	29 et 34,	—	Maningoza,	—	Manangoza.
—	105, —	24,	—	Mangomba,	—	Manomba.
—	106, —	16,	—	Folaka,	—	Folakara.

1. Je n'ai pas fait figurer dans cet errata les erreurs dans la finale *a*, *o*, *y*, quand elles ne prêtent pas à confusion : dans ce cas l'orthographe adoptée dans l'*Index* géographique fait foi,

Page 107,	ligne 19,	*au lieu de*	Betioky,	*lire*	Betioka.
— 115,	— 10,	—	Ambahivary,	—	Ambahivahy.
— 113,	— 12,	—	Isonko,	—	Isinko.
— 118,	— 25,	—	Andratikely,	—	Andraratikely.
— 119,	*carte*	—	Tokonitsara,	—	Tokotanitsara.
	—	—	Maharoa,	—	Mahasoa.
	—	—	Sahalombo,	—	Sahaomby.
	—	—	Merimilatra,	—	Merimitatra.
	—	—	Antselabato,	—	Antsolabato.
	—	*au Sud de*	Tanarive,	*ajouter*	Petit *devant* Vontovorona.
— 127,	ligne 20,	*au lieu de*	Sahomby,	*lire*	Sahaomby.
— 128 (titre),		—	du volcan Antandroy,	—	des volcans Antandroy.
— 131,	ligne 1 (remont.)	—	Anaralamoka,	—	Anaramoka.
— 136,	— 30,	—	Lakoho,	—	Lokoho.
— 137,	— 3,	—	Manambolo,	—	Manambato.
— 161,	— 6,	—	Manambo,	—	Manombo.
— 177,	— 13,	—	Ambohimanga,	—	Ambodimanga.
— 185,	— 19,	—	Beandro,	—	Beando.
— 205,	— 8,	—	Tsikabasy,	—	Tsitakabasy.
	9,	—	Laovolona,	—	Lavakolona.
	13-14	—	Ambatofiakarana,	—	Ambodifiakarana.
— 212,	— 29,	—	Ambohimahalaza,	—	Ambohimalaza.
	32,	—	Marolombo,	—	Marolambo.
— 214,	— 37,	—	Manambolo,	—	Manambato.
— 217,	— 27,	—	Ankarobe,	—	Ankorabe.
— 219,	— 16,	—	Morafanobe,	—	Morafenobe.
	17,	—	Pont-Bergé,	—	Port-Bergé.
— 222,	— 13 (remont.)	—	Berezika,	—	Besezika.
— 238,	— 2,	—	Andrangoaka,	—	Andranogoaika.
— 278,	— 4,	—	Fanfangana,	—	Farafangana.
— 283,	— 16,	—	Ibadika,	—	Ibohaika.
— 305,	— 5,	—	Taheza,	—	Teheza.
— 310. Légende (fig. 189).		—	Mahatsahala,	—	Manantsahala.
— 325,	ligne 11 (remont.)	—	à Ranobe,	—	sur la Ranobe.
— 334,		—	Ambatolaingo,	—	Ambodilaingo.
— 344,	— 3,	—	Volotara,	—	Volotarana.
— 350,	— 25,	—	Amboana,	—	Amboanana.
	27,	—	Volotara,	—	Volotarana.
— 363,	— 11,	—	Manambo,	—	Manombo.
— 379,	— 31,	—	Tampanala,	—	Tompanala.
— 390,	— 11,	—	Tetehana,	—	Tetehina.
— 434,	— 15,	—	Antsara,	—	Antsahatsatra (ou Tsahatsatra).
— 447,	— 14,	—	Hiaranandriana,	—	Iharanandriana.
— 460,	— 25,	—	Andranomantoa,	—	Andranomantoraka.
— 475,	— 2 (remont.)	—	Ampikaso,	—	Ampikazo.
— 481,	— 15,	—	Antsohanavony,	—	Antsahanavony.
— 491,	— 10,	—	Vohitsilandanitra,	—	Vohitsitandanitra.
— 498,	— 22,	—	Amberimay,	—	Amberomay.
— 515,	— 6,	—	Ambatomihefay,	—	Ambatomihefy.
— 531,	— 5[1],	—	Fanjahira,	—	Ifaranjia sur la Fanjahira.
	7,	—	Manambolo,	—	Manambato.

1. Supprimer la note de cette page.

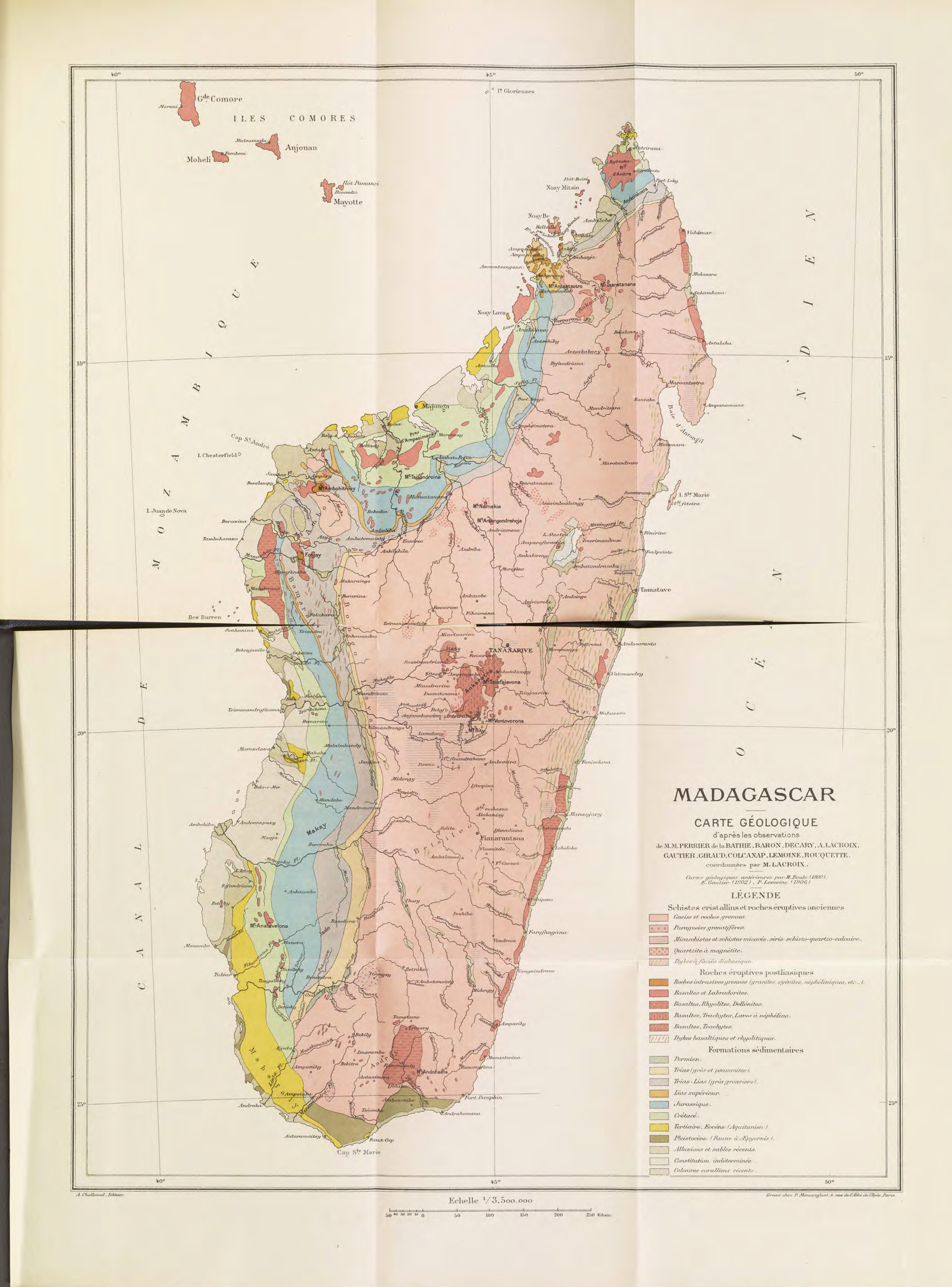
Page 542, ligne 6,	*au lieu de*	Marovolavo,	*lire*	Marovoalavo.
— 564, — 23,	—	Maroantseitra,	—	Maroantsetra.
— 565, — 8,	—	Antseba,	—	Andreba.
— 576, — 23,	—	Betsiriby,	—	Betsiriry.
— 578, — 2,	—	Ankezomihaloka,	—	Ankazomihaboka.
— 584, — 17,	—	syénite néphélinique,	—	monzonite néphélinique de Nosy Komba.
— 596, — 9,	—	Manombo,	—	Manomba.
— 606, Pl. 4, fig. 5,	—	Antangodrahoja,	—	Antongodrahoja.
— 608, fig. 4, 6,	—	Ambavatory,	—	Ambavatoby.
fig. 11 et 13,	—	Androngonvato,	—	Androngovato.
— 612, ligne 14 [1],	—	Riv. Fanjahira,	—	Ifaranjia sur la Fanjahira.

TOME II

Page 9, ligne 20,	*au lieu de*	Betanantanana,	*lire*	Betanatana.
— 13, — 9 (remont.)	—	Sahaninga,	—	Sahanainga.
— 133, — 26,	—	Fitamalama,	—	Fitatahana.
— 209, — 5 et 6	—	Migiko,	—	Migiko (Migioky).
13	après auteur	*a*, Andranomandevy de Bejofo ;	*b*,	Andranomandevy de Migioky.
— 235, — 12 (remont.)	*au lieu de*	Andilalatoby,	*lire*	Andilanantiby.
— 11 —	—	Ambohibolona,	—	Ambohibololona.
— 238, — 14,	—	Andrama,	—	Ambohima.
— 241, — 2,	—	Elekalaka,	—	Elakelaka.
— 424, — 5 (remont.)	—	Ambohibolona,	—	Ambohibololona.
— 500, — 7 —	—	Ankajomantaina,	—	Ankajomantina.
— 506, — 3 (remont.)	—	Ambohimarina,	—	Ambohimasina.
— 507, — 22,	—	—	—	—
— 516, — 8 (remont.)	—	Isanaka,	—	Isaka.
— 6 —	—	Miandrivazo,	—	Miandrarivo.
— 533, — 5,	—	Ambohimanga,	—	Ambodimanga.
— 549, — 6,	—	Andohampena,	—	Andohampona.
— 559, — 13,	—	Manambolo,	—	Manambato.
— 562, — 17,	—	Manampatrena,	—	Manampatra.
— 567, — 14,	—	Inanombo,	—	Imanombo.

TOME III

Page 3, ligne 10,	*au lieu de*	Betrandaka,	*lire*	Betrandraka.
— 7, — 3,	—	Betrandraka,	—	Betandroka.
— 23, — 4,	—	Ihiarandramosa,	—	Iharadramosa.
— 35, — 9 (remont.)	—	Ambohitromby,	—	Ambohitrondry.
— 36, — 2,	—	Ampasimena,	—	Antanimena.
— 40, — 21,	—	Fiherena,	—	Fiherenana.
— 69, — 15,	—	Renaud,	—	Raynaud.
— 79, — 1 (remont.)	—	Bobaomby,	—	Massif d'Ambre.
— 132, — 18,	—	Ambohimasoa,	—	Ambohimahasoa.



MADAGASCAR
CARTE GÉOLOGIQUE
d'après les observations
de M.M. PERRIER de la BATHIE, BARON, DECARY, A. LACROIX,
GAUTIER, GIRAUD, COLCANAP, LEMOINE, ROUQUETTE,
coordonnées par M. LACROIX.
Cartes géologiques antérieures par M. Boule (1900), E. Gautier (1902), P. Lemoine (1906)
LÉGENDE
Schistes cristallins et roches éruptives anciennes
Gneiss et roches grenues.
Paragneiss grenatifères.
Micaschistes et schistes micacés, série schisto-quartzo-calcaire.
Quartzite à magnétite.
Dykes à faciès diabasique.
Roches éruptives postliasiques
Roches intrusives grenues (granites, syénites, néphéliniques, etc...).
Basaltes et Labradorites.
Basaltes, Rhyolites, Dellénites.
Basaltes, Trachytes, Laves à néphéline.
Basaltes, Trachytes.
Dykes basaltiques et rhyolitiques.
Formations sédimentaires
Permien.
Trias (grès et psammites).
Trias-Lias (grès grossiers).
Lias supérieur.
Jurassique.
Crétacé.
Tertiaire, Eocène (Aquitanien).
Pleistocène (Faune à Æpyornis).
Alluvions et sables récents.
Constitution indéterminée.
Calcaires coralliens récents.
Echelle 1/3.500.000
50 40 30 20 10 0 50 100 150 200 250 Kilom.
A. Challamel, Editeur.
Gravé chez P. Monsanglant 4, rue de l'Abbé de l'Epée, Paris.
ILES COMORES
Gde Comore
Anjouan
Moheli
Mayotte
Ie Glorieuses
CANAL DE MOZAMBIQUE
OCÉAN INDIEN
Nosy Be
Nosy Mitsio
Nosy Lava
Majunga
Cap St André
I. Chesterfield
I. Juan de Nova
Iles Barren
Mt d'Ambre
Mt Tsaratanana
Vohémar
Antalaha
Baie d'Antongil
I. Ste Marie
Tamatave
TANANARIVE
Mt Tsiafajavona
Mt Bity
Fianarantsoa
Makay
Mananjary
Farafangana
Vangaindrano
Mt Analavelona
Tuléar
Mt Andohahela
Fort Dauphin
Cap Ste Marie
Morondava
Ampanihy
40°
45°
50°
15°
20°
25°

EXPLICATION DES PLANCHES
DU TOME III

PLANCHE 1

Fig. 1. — *Dôme de trachyte phonolitique.* Un peu au Sud du Vontovorona, page 126, Tome I.

Fig. 2. — *Dôme trachytique*, isolé sur le plateau gneissique de Tsiazompaniry, page 126, Tome I.

Fig. 3. — *Dôme phonolitique.* Tsiafakalika, près Faravohitra, page 126, Tome I.

Fig. 4. — *Syénite néphélinique* injectant *gabbro* amphibolique, côte Nord-Ouest de Nosy Komba, page 642, Tome II.

PLANCHE 2

Fig. 1. — Le *cratère* du Tritriva, ouvert dans une *coulée basaltique*, reposant sur le gneiss (visible au fond et à gauche), page 127, Tome I.

Fig. 2. — Le *puy* de l'Iantsifotra près Betafo et sa *cheire basaltique* se dirigeant vers l'Est, page 127, Tome I.

PLANCHE 3

Fig. 1 et 2. — *Puys basaltiques* et *dômes trachytiques*. Bord occidental du lac Itasy, page 114, Tome I.

Fig. 3. — *Colonnade basaltique.* Zanaharibe, au Sud d'Antalaha, page 135, Tome I.

PLANCHE 4

Désagrégation du granite, page 25 du Tome I.

Fig. 1. — Imandrazaka (Androy).

Fig. 2. — Mont Vohitsandriana, au-dessus d'Andrahomana.

Fig. 3. — Mont Vohimalaza.

Fig. 4. — Ambohiniazy, près du lac Itasy (tombeau du roi Andriambahoaka).

PLANCHE 5

Désagrégation du granite, page 25 du Tome I.

Fig. 1. — Imandrazaka.

Fig. 2. — Environs d'Ambalavao.

Fig. 3. — Sommet des Vavavato de Betafo.

PLANCHE 6

Latérites gibbsitiques (page 108).

FIG. 1. — *Microcline* transformé en *hydrargillite* cloisonnée. Anjanabonoina (grandeur naturelle).

FIG. 2. — *Microcline* entièrement transformé en *hydrargillite*. Anjanabonoina.

FIG. 3. — *Granite* avec quartz intact et feldspaths transformés en agrégats granulitiques d'*hydrargillite*. Tampoketsa d'Ankazobe, page 110.

FIG. 4. — *Microcline* fendillé, en voie de transformation en *hydrargillite*. Tsilaizina.

FIG. 5. — *Ibid*. Analamazaotra.

Les figures 2 et 5 ont été photographiées en lumière polarisée parallèle (Grossissement de 60 diamètres).

PLANCHE 7

FIG. 1. — Corrosion du calcaire jurassique. *Tsingy* du Bemaraha, page 145.

FIG. 2. — *Tsingy* du Namoroka (Ambohimiriza), page 145.

FIG. 3. — *Tronc d'arbre silicifié* de Jurassique, Mampikony, région de Port-Bergé, page 219 du Tome I et Tome III, page 90.

PLANCHE 8

Désagrégation des granites, des syénites et des gneiss de l'Andringitra du Sud, page 26 du Tome I et page 140 du Tome III.

FIG. 1 et 2. — Monolites cannelés verticalement.

FIG. 3. — Détail des cannelures en un point où elles sont inclinées.

FIG. 4. — Cuvette par quoi débute une cannelure : son fond est rempli de granite désagrégé

TABLE DES MATIÈRES
DU TOME III

Pages.

QUATRIÈME PARTIE

LITHOLOGIE

TROISIÈME DIVISION

ROCHES VOLCANIQUES POST-LIASIQUES

CHAPITRE PREMIER

ROCHES QUARTZIQUES

CHAPITRE II

TRACHYTES ET PHONOLITES

CHAPITRE III

ROCHES A PLAGIOCLASES DOMINANTS

CHAPITRE IV

ROCHES A PLAGIOCLASES ET NÉPHÉLINE

CHAPITRE V

ROCHES A FELDSPATHOÏDES SANS FELDSPATHS

QUATRIÈME DIVISION

ROCHES SÉDIMENTAIRES

CINQUIÈME DIVISION
ALTÉRATION DES ROCHES

CHAPITRE PREMIER
LES ALTÉRATIONS DES ROCHES SILICATÉES ALUMINEUSES
(*Latérite et terre rouge.*)

CHAPITRE II
LATÉRITE ET TERRE ROUGE A MADAGASCAR

CHAPITRE III

ALTÉRATIONS DES SÉDIMENTS QUARTZEUX OU CALCAIRES

SIXIÈME DIVISION

ESQUISSE DES CARACTÉRISTIQUES LITHOLOGIQUES DE L'ILE

CHAPITRE PREMIER

MASSIF CRISTALLIN

CHAPITRE II

LES CARACTÉRISTIQUES DES CENTRES ÉRUPTIFS POST-LIASIQUES

I

LES CENTRES ÉRUPTIFS MALGACHES

II

COMPARAISON DE QUELQUES RÉGIONS ÉRUPTIVES AVEC CELLES DE MADAGASCAR

III

QUELQUES RÉGIONS NON AFRICAINES DONT LES ROCHES PEUVENT ÊTRE COMPARÉES A CELLES DE LA PROVINCE D'AMPASINDAVA

APPENDICE AU TOME I

MINÉRALOGIE

APPENDICE AU TOME II

MINÉRALOGIE APPLIQUÉE

LITHOLOGIE

APPENDICE AU TOME III

CHARTRES. — IMPRIMERIE DURAND, RUE FULBERT.

CHARTRES. — IMPRIMERIE DURAND, RUE FULBERT.

